

Міністерство освіти і науки України
Харківська національна академія міського господарства

ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

Лабораторний практикум

Навчальний посібник

За ред. Б.М. Коржика

Харків - ХНАМГ – 2008

УДК 331.45

В.І. Шевченко, С.В. Нестеренко, С.Л. Дмитрієв, Б.М. Коржик.

Охорона праці в будівництві. Лабораторний практикум: Навчальний посібник.

/За ред. Б.М. Коржика. – Харків: ХНАМГ, 2008. - 148с.

У посібнику розглянуті теоретичні засади і практичні методики та прийоми дослідження умов праці на робочих місцях і у виробничих приміщеннях підприємств будівельних виробів та конструкцій і на будівельних майданчиках.

Посібник розрахований на студентів, які вивчають дисципліну “Охорона праці в будівництві”, а також на студентів спеціальності “Промислове і цивільне будівництво” при вивченні дисципліни “Охорона праці”.

Рекомендовано Вченою радою ХНАМГ як навчальний посібник для студентів 4-5 курсів денної форми навчання спеціалізації 6.092100, 7.092101 “Охорона праці в будівництві”, протокол №7 від 6.03.2008.

Рецензенти: зав. кафедри “Охорона праці та навколишнього середовища”
УкрДАЗТ, д.т.н., професор Ворожбіян М.І.;

зав. кафедри “Економіка будівництва” ХНАМГ,
д.т.н., професор Торкатюк В.І.

Мета та завдання лабораторних досліджень

Лабораторні роботи є складовою частиною навчально–методичного комплексу дисципліни “Охорона праці в будівництві”, що викладається на рівні підготовки бакалаврів, спеціалістів і магістрів із спеціалізації 6.092100, 7.092101, 8.092101 “Охорона праці в будівництві”.

Лабораторний практикум включає п’ятнадцять дослідницьких робіт, що охоплюють найбільш суттєві розділи дисципліни.

Лабораторні заняття мають дослідницький характер і є однією з форм самостійної роботи студентів.

Метою виконання лабораторних досліджень є:

- закріплення та поглиблення теоретичних знань, що набувають студенти при вивченні дисципліни, здійснення зв’язку теорії з практикою;
- освоєння практичних прийомів контролю стану умов та охорони праці в будівництві, аналізу отриманих результатів, розробка заходів щодо поліпшення умов праці;
- набуття навичок науково–дослідної роботи в галузі охорони праці в будівництві;
- вміння самостійно працювати з науково–технічною літературою.

У результаті виконання лабораторних робіт студент повинен:

- освоїти методики досліджень різних параметрів виробничого середовища та умов праці;
- вміти користуватися апаратурою і приладами контролю, нормативно-правовими документами щодо оцінки стану умов та охорони праці в будівництві.

Під час підготовки до наступного лабораторного заняття студент повинен самостійно ознайомитись з методичними вказівками і рекомендованою літературою та відповісти на контрольні питання. Перед початком досліджень студенту необхідно засвоїти вимоги безпеки при виконанні роботи, накреслити схему лабораторної установки, ознайомитись із вимірювальною апаратурою, під-

готовити форми протоколів для внесення до них експериментальних даних. Після цього під керівництвом викладача або завідувача лабораторії виконуються необхідні дослідження згідно з методичними вказівками. У відведений на самостійну роботу час студент виконує обробку та аналіз отриманих даних, обирає заходи щодо приведення досліджених факторів у відповідність до вимог нормативних документів і оформлює та складає звіт з лабораторної роботи.

Звіт повинен включати:

- найменування та мету роботи;
- схеми приладів, устаткування та лабораторної установки;
- основні розрахункові формули;
- дані експериментальних досліджень та наслідки їх обробки і аналізу;
- висновки та пропозиції щодо забезпечення нормативних вимог до умов праці.

Звіти з кожної лабораторної роботи оформлюють або у зошиті, або на аркушах паперу формату А-4 і подають викладачу для контрольної перевірки та захисту. На основі зарахованих викладачем звітів з усіх лабораторних роботах семестру студент отримує залік з лабораторного практикуму.

Лабораторна робота №1

Методи дослідження шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Мета роботи: ознайомитися з методами дослідження шкідливих речовин у повітрі робочої зони, виконати вимірювання їхніх концентрацій за визначеними методиками, засвоїти засоби та заходи захисту працюючих від негативних факторів виробничого середовища.

1. Загальні відомості

Одним з найбільш небезпечних факторів, який впливає на людину у виробничих умовах, є отруйні речовини, які мають різні агрегатні стани: тверді, у вигляді рідини, паро- та газоподібні.

На наш час відомо більше 5-ти млн. хімічних речовин, з яких близько 60 тис. широко застосовують у різних галузях виробництва.

Шкідливими називають речовини, що негативно впливають на організм людини і викликають порушення процесів нормальної життєдіяльності. Наслідком впливу шкідливих речовин можуть бути гострі або хронічні отруєння.

Гострі отруєння є наслідком короткочасного впливу шкідливих речовин, які потрапляють до організму у значних кількостях.

Хронічні отруєння виникають після значного за тривалістю впливу шкідливих речовин, що потрапляють до організму невеликими дозами.

Найбільш небезпечними є хронічні отруєння, які нерідко викликають професійні захворювання.

Шкідливі речовини, що використовуються у будівництві, поділяють на дві групи: 1) тверді отрути – свинець, аран, деякі види фарб; 2) газоподібні отрути та отрути у вигляді рідини – оксид вуглецю, бензин, сірчаний водень, сірчаний вуглець, ацетон, спирти, етери тощо.

За характером токсичності отрути поділяють на чотири групи: 1) їдкі, що руйнують шкіряний покрив та слизові оболонки – HCl , H_2SO_4 , C_2O_3 тощо; 2) що діють на органи дихання – SiO_2 , SO_2 , NH_3 тощо; 3) що діють на кров – CO , ар-

сенід водню (AsH_3)-арсин тощо; 4) що впливають на нервову систему – спирти, еніри, сірчаний водень, вуглеводні тощо.

ГОСТ 12.1.005-88 [1] встановлює **гранично припустимі концентрації (ГПК)** шкідливих речовин у повітрі робочої зони. ГПК – це граничне значення величини шкідливого виробничого чинника, вплив якого на людину за умови його щоденної регламентованої тривалості не призводить до зниження працездатності і захворювань протягом періоду трудової діяльності та у наступний період життя, а також не спричиняє несприятливий вплив на здоров'я нащадків.

ГОСТ 12.1.07-76* [2] поділяє усі шкідливі речовини на чотири класи небезпеки: 1) надзвичайно небезпечні ($\text{ГПК} < 0,1 \text{ мг/м}^3$); 2) високонебезпечні ($0,1 < \text{ГПК} < 1,0 \text{ мг/м}^3$); 3) помірно небезпечні ($1,0 < \text{ГПК} < 10,0 \text{ мг/м}^3$); 4) малонебезпечні ($\text{ГПК} > 10,0 \text{ мг/м}^3$).

Відповідно до вимог [2] контроль наявності шкідливих речовин повинен проводитись періодично для речовин 2,3 і 4-го класів небезпеки та безперервно – для речовин 1-го класу небезпеки.

Мета контролю наявності шкідливих речовин – не допустити, щоб концентрації цих речовин перевищували встановлені для них ГПК.

Зараз має місце значна кількість методик стосовно визначення вмісту домішок у повітрі робочої зони, що передбачають використання різноманітної апаратури.

У практиці використовують фізико-хімічні прилади, які забезпечують швидкі, але менш точні методи аналізу або подовжені, але точні методи, що включають два процеси: відбір проб повітря та його аналіз.

Ознайомимось з основними з цих методів.

2. Методи визначення хімічних речовин у повітрі

2.1. Мікрооб'ємний метод

Метод ґрунтується на поглинанні речовини титрованим розчином лугу і зворотному титруванні розчину надлишку лугу кислотою. Цей метод використовують для визначення у повітрі оксиду та двооксиду вуглецю, вуглеводнів. У

якості луги використовують їдкий барій, титрування проводять соляною кислотою.

2.2. Фотометричні методи

Фотометричні методи аналізу базуються на вимірюванні інтенсивності світлопоглинання забарвленими розчинами.

2.2.1. **Колориметричний візуальний метод** базується на здатності деяких забарвлених розчинів до світлопоглинання пропорційно концентрації речовин, що викликають забарвлення. Інтенсивність забарвлення пробного розчину порівнюється із забарвленням серії стандартних шкал, виготовлених на основі стандартних розчинів або стійких розчинів, що імітують необхідне забарвлення.

Кількість речовини розраховується за формулою

$$X = \frac{ab}{\delta V_0}, \quad (1.1)$$

де X – кількість визначаємої речовини, мг/м³;

a – знайдена за шкалою концентрація речовини, що визначається, мкг;

b – об'єм рідини у поглинаючому приладі, мл;

δ – об'єм рідини, відібраний для аналізу, мл;

V_0 – об'єм повітря, яке пройшло крізь поглинаюче середовище, л.

Якщо проба повітря відбирається при дуже високих або низьких температурах і тиску, V_0 приводиться до нормальних умов

$$V_0 = \frac{V_t 273 P}{(273 + t) 760}, \quad (1.2)$$

де V_t – об'єм повітря, що пройшло крізь поглинаюче середовище (л) при температурі t та атмосферному тиску P .

2.2.2. **Фотоелектроколориметричний метод** базується на вимірюванні послаблення інтенсивності світлового потоку, що пройшов крізь забарвлений розчин. Приймачем променевої енергії є фотоелемент. Струм, який виникає, вимірюють за допомогою гальванометра. Сила фотоструму для монохроматичного потоку світлової енергії прямо пропорційна інтенсивності випромінювання, що падає на фотоелемент.

2.2.3. Нефелометричний метод базується на явищі Тиндаля – розсіюванні світла твердими частками, які знаходяться у суспензійному стані у розчинах. Для вимірювання оптичної щільності каламутних розчинів застосовують універсальні фотоелектричні мікроколориметри – нефелометри. Приймачами світлової енергії є два сурмяноцезієвих фотоелемента, що включені за диференційною схемою.

2.2.4. Спектрофотометричний метод базується на спектрально вибіркового поглинанні монохроматичного потоку світлової енергії при проходженні його потоку крізь розчин, що досліджується. Метод дозволяє визначати концентрації окремих компонентів сумішей забарвлених речовин, що мають максимум поглинання при різних довжинах хвиль. Цей метод більш чутливий і точний, ніж фотоелектроколориметричний.

2.3. Люмінесцентний метод

Метод базується на здатності деяких речовин віддавати енергію, яку вони поглинають, у вигляді світлового випромінювання. Якщо по закінченні процесу збудження люмінесценція практично припиняється, то явище має назву флуоресценція, коли ж вона люмінесценція триває протягом деякого часу, – фосфоресценція.

Оцінку інтенсивності флуоресценції виконують візуально або фотоелектричним методом за допомогою фотоелементів. Сила фотоструму в певному інтервалі прямо пропорційна концентрації речовини, яку визначають за градуіровочним графіком.

2.4. Хроматографічний метод

Метод розроблений для роздільного визначення речовин, що знаходяться в складних газових або рідинних сумішах. Суміш пропускається крізь колонку, в якій наявні дві фази речовини: 1) нерухома – тверда речовина (силікагель, активоване вугілля тощо) або рідина (органічний розчинник), що нанесена на твердий носій; 2) рухома фаза – рідина або газ. При русі досліджуємої суміші між двома фазами швидкість компонентів суміші різна, внаслідок чого вихід їх з колонки неодночасний. У залежності від природи речовин, що складають до-

сліджуєму суміш, при аналізі використовують різні види хроматографії – іонообміну, розподільчу, газову тощо.

Нагляд за виходом компонентів суміші здійснюють за допомогою приладі – детекторів, у яких показання фіксуються у вигляді хроматографічних кривих (хроматограм).

Метод надає можливість проводити розподіл і аналіз складних сумішей органічних і неорганічних речовин: сумішей оксидів азоту, сірководню, сірчаного газу тощо.

2.5. Швидкі методи

До швидких методів аналізу повітря відносять колориметричні і лінійно-колористичні методи, які дозволяють швидко в місці відбору проби визначити концентрацію забруднюючих повітря речовин.

2.5.1. Колориметричні методи засновані на пропусканні повітря, яке містить шкідливі речовини, крізь розчин, фільтрувальний папір або твердий сорбент із зерен і вимірювати інтенсивності їхнього забарвлення шляхом порівняння із забарвленням стандартних шкал.

Другий варіант метода полягає в пропусканні повітря крізь ті самі поглинальні середовища та замірі об'єму протягнутого повітря до появи їхнього певного забарвлення. Визначення проводять за градуїрованою кривою залежності об'єму повітря від концентрації речовини.

2.5.2. Лінійно-колористичний метод базується на пропусканні досліджуємого повітря крізь індикаторні трубки і замірі довжини забарвленого шару порошку за стандартними шкалами, які показують залежність цієї довжини від концентрації певної речовини.

2.6. Ваговий та розрахунковий методи визначення запиленості повітря

Ваговий метод використовується для визначення фактичної концентрації досліджуємого пилу в повітрі робочої зони. З цією метою одним з аспіраційних приладів (повітродувка, ежектор, аспіратор, пилосос, тощо) досліджуєме повітря пропускають крізь фільтр, який зважують на автоматичних вагах до і після

відбору проби. Кількість пропущеного повітря вимірюють реометром, ротаметром тощо.

Фактичну концентрацію пилу в повітрі розраховують за формулою:

$$K_{\phi} = \frac{(P_2 - P_1) \cdot 1000}{w \cdot t}, \quad (1.3)$$

де K_{ϕ} – фактична концентрація пилу, мг/м³;

P_1 – маса чистого фільтру, мг;

P_2 – маса фільтру з пилом, мг;

w – швидкість відбору проби, л/хв;

t – час відбору проби, хв.

Недоліком цього методу є те, що він не дає уявлення стосовно якісної характеристики пилу, без чого неможлива повна гігієнічна оцінка його впливу на організм. На виробництвах, де пил особливо шкідливий для здоров'я, використовують поточний ультрамікроскоп ВДК-4. За допомогою цього приладу можливо визначити кількість часток пилу в 1 см³ повітря і приблизно заміряти фракційний склад пилу. Розрахунковий метод базується на попередньому відборі пилу з повітря і осадженні його на покривне скло з наступним підрахунком кількості часток за допомогою мікроскопу. Концентрація пилу в цьому випадку визначається кількістю часток, які припадають на одиницю об'єму повітря.

3. Експериментальна частина

3.1. Прилади та обладнання

1. Універсальний газоаналізатор УГ-2 (рис.1.1).
2. Аспіратор мод.822 (рис.1.2).
3. Пилова камера (лабораторна) (рис.1.2).
4. Ваги аналітичні АД-200.
5. Барометр-анероїд МД-49А.

Експресні аналізи повітряного середовища виконують за допомогою газоаналізаторів різноманітних конструкцій. Одним з таких приладів є універсальний переносний газоаналізатор УГ-2. За допомогою УГ-2 можна визначити в

повітрі виробничого середовища концентрації шкідливих речовин газів (парів) 14 найменувань.

У комплект УГ-2 входить повітрязабірний пристрій з трьома штоками, вимірювальні шкали, індикаторні трубки, трубки - патрони для очищення газів (парів) від домішок і набір приладів для опорядження індикаторних трубок, трубок - патронів та запас індикаторних порошків у ампулах.

Принцип дії приладу УГ-2 заснований на утворенні пофарбованого стовпчика у процесі проходження забрудненого повітря крізь індикаторну трубку, заповнену реагентом. Утворення забарвленого стовпчика в індикаторній трубці відбувається внаслідок реакції, що виникає між аналізуємим газом (парою) та реагентом наповнювача індикаторної трубки. При цьому утворюється кольоровий продукт, відмінний від вихідного. Довжина забарвленого стовпчика індикаторного порошку в трубці пропорційна концентрації аналізуемого газу (пари) в повітрі і визначається за шкалою, градуйованою у мг/м^3 .

Основною частиною повітрязабираючого обладнання (рис. 1.1), за допомогою якого прокачується повітря з аналізуємим газом (парою) крізь індикаторну трубку, є гумовий сильфон 2, розташований усередині металевого стакану І.

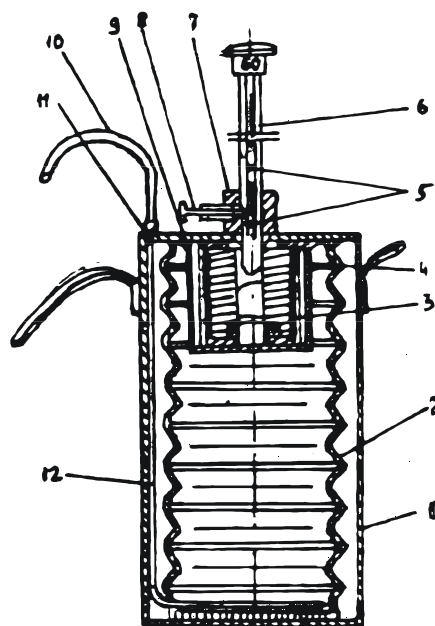


Рис. 1.1.– Універсальний газоаналізатор УГ-2

Гумовий сильфон утримується в розтягнутому стані за допомогою пружини 3. Досліджуване повітря прокачують крізь індикаторну трубку за допомогою попередньо стиснутого на визначену величину спеціальним штоком 6 сильфону. На верхній платі повітрязбірного пристрою розташована нерухома втулка 7, яка призначена для спрямування штоку при стисканні сильфону. На штуцер 11 із внутрішньої сторони одягнута гумова трубка 10, з'єднана другим кінцем через нижній фланець із внутрішньою порожниною сильфону. До вільного кінця трубки приєднується індикаторна трубка і, за необхідності, фільтруючий патрон.

Прокачування досліджуваного повітря крізь індикаторну трубку проводять після попереднього стиску сильфону штоком. На гранях (під голівкою штока) позначені обсяги прокачуваного під час аналізу повітря. На циліндричній поверхні штока є чотири поздовжні канавки, кожна з двома поглибленнями 5, які служать для фіксації фіксатором 8 обсягу повітря. Відстань між поглибленнями на канавках підібрано таким чином, щоб при пересуванні штока від одного поглиблення до другого сильфон забирав необхідну для аналізу певного газу кількість досліджуваного повітря.

Індикаторні трубки для визначення концентрацій досліджуваного газу (пари) у повітрі являють собою скляні трубки довжиною 92 мм із внутрішнім діаметром 2,5...2,6 мм, які заповнені індикаторним порошком. Порошок у трубці утримується за допомогою двох тампонів з гігроскопічної вати. Вибір індикаторного порошку визначається видом пари (газу) шкідливої речовини, що знаходиться у повітрі. З метою захисту порошку у трубках від стороннього впливу кінці трубок герметизують сургучем, який видаляють перед проведенням досліджень.

Фільтруючі патрони (скляні трубки діаметром 10 мм з перетинками), заповнені поглинаючим порошком, призначені для видалення домішок, які заважають визначенню досліджуваних газів (парів).

Будова і принцип дії установки для визначення запилення повітря.

Через те, що на робочих місцях у лабораторії запиленість незначна, забір проб повітря на запиленість роблять у пиловій камері, яка імітує виробниче приміщення з запиленим повітрям.

Установка для дослідження запиленості повітря (рис.1.2) складається з пилової камери 1 і приладового відсіку 2, що примикає до нього. Передня стінка пилової камери відкидна. Усередині її знаходиться бункер-дозатор 3 з пилом. При повороті ручки дозатора 3 на одну поділку з бункера до камери вводиться порція пилу, що розвіюється вентилятором. На правій стінці камери встановлений ліхтар, що випускає світловий промінь уздовж прозорого вікна 4, через яке можна візуально визначити наявність запиленого повітря в камері. На передній стінці камери є отвір 5 для забору проби повітря. У неробочому положенні він закритий пробкою.

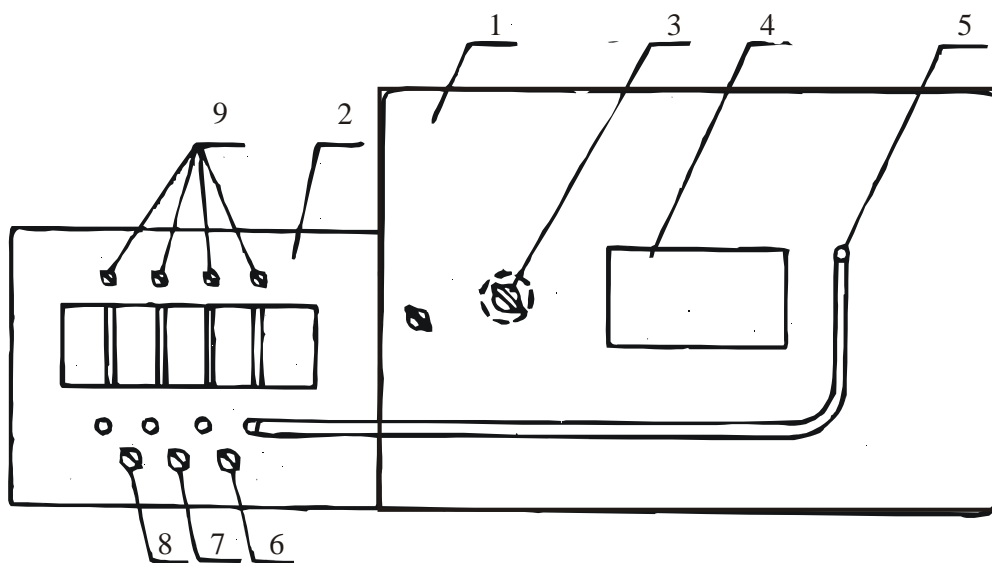


Рис. 1.2. – Установка для дослідження запиленості повітря

У приладовому відсіку знаходиться аспіратор типу АК-1 для узяття проби повітря, органи керування і двигун вентилятора. Включення вентилятора 6, аспілятора 7, живлення установки 8 здійснюється за допомогою вимикачів, розташованих на передній схемі. Швидкість просмоктування повітря фіксується реометром (витратоміром) і може змінюватися за допомогою регулятора 9.

3.2. Порядок виконання досліджень

Підготувати відповідні лабораторні установки та прилади, провести дослідження та обробку отриманих результатів стосовно наявності у повітрі робочої зони випарів бензину і цементного пилу [3].

Результати досліджень представити у протоколах 1, 2.

Протокол №1 – Результати визначення забруднення повітря цементним пилом

Досліджуван- ий газ (па- ра)	Обсяг прокачу- ваного повітря, мл	Повний час про- качування повітря, хвилин	Колір індикато- рного порошку	Концент- рація шкідливої речовини, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини мг/м ³	Висно- вки
1	2	3	4	5	6	7

Протокол №2 – Результати визначення забруднення повітря парами бензину

Місце добору проби	Температура повітря в приміщенні, Т, °С	Барометричний тиск В, Па	Вага фільтру, мг		Вага затриманого пилу, Р ₁ -Р, мг	Об'ємна швидкість просмокування повітря, Q, л/хвилину	Час добору проби, t, хв	Обсяг повітря при реальній температурі повітря Т и барометричному тиску В, V _t , м ³	Обсяг повітря, приведений до нормальних умов V ₀ , м ³	Концентрація пилу в повітрі, С, мг/м ³	Гранично-допустима концентрація, мг/м ³
			До добору про- би Р	Після добору проби Р ₁							

На основі отриманих результатів запропонувати заходи щодо приведення умов праці у відповідальність до вимог нормативних документів.

4. Контрольні питання

1. На які групи поділяються отрути за характером токсичності?
2. Що таке гранично припустимі концентрації?
3. На які класи небезпеки поділяються шкідливі речовини?
4. Назвіть точні методи визначення хімічних речовин.
5. Сутність мікрооб'ємного методу?
6. Які застосовують фотометричні методи і на чому вони базуються?
7. Як визначають вміст шкідливих речовин люмінесцентним методом?
8. Сутність хроматографічного методу?
9. Які швидкі методи аналізу повітря?
10. Розкрийте методику вагового та розрахункового методу визначення запиленості повітря.

5. Список літератури

1. ГОСТ 12.1.005-88.ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. ГОСТ 12.1.007-76.ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
3. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. За ред. Б.М.Коржика. -Харків: ХДАМГ, 2002.-105с.

Лабораторна робота №2

Дослідження параметрів мікроклімату робочої зони

Мета роботи: Ознайомитися з методами та приладами дослідження параметрів мікроклімату виробничих приміщень та засобами і заходами щодо приведення метеоумов до вимог нормативних документів.

1. Загальні відомості

Згідно ДСТУ 2293-99 [1] **виробниче середовище** - це сукупність фізичних, хімічних, біологічних, соціальних та інших чинників, що діють на людину під час виконання нею трудових обов'язків.

При виконанні трудових обов'язків виробниче середовище утворюється головним чином у **виробничих приміщеннях** – замкнутому просторі у спеціально призначених будинках та спорудах, де постійно (протягом змін) або періодично (протягом частини робочого дня) здійснюється трудова діяльність людей [2].

Суттєвою складовою виробничого середовища є **мікроклімат виробничих приміщень** – умови внутрішнього середовища цих приміщень, які впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвенції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення [2].

Робоча зона – визначений простір, у якому розташовано робочі міста постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників [1].

Для робочої зони виробничих приміщень встановлюють оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови з урахуванням важкості виконуваної роботи та періоду року. За умови одночасного виконання у робочій зоні робіт різної категорії важкості, рівні показників мікроклімату повинні встановлюватись з урахуванням найбільш чисельної групи працівників.

Величини показників мікроклімату у робочій зоні з урахуванням періоду року та категорії важкості робіт наведені у ДСН 3.3.6.042.-99 [2].

Вимірювання параметрів мікроклімату проводять на робочих місцях і в робочій зоні на початку, у середині та наприкінці робочої зміни. При коливаннях мікрокліматичних умов, пов'язаних з технологічним процесом та іншими причинами, вимірювання проводять з урахуванням найбільших і найменших величин термічних навантажень протягом робочої зміни.

Вимірювання здійснюються не рідше 2-х разів на рік (у теплий та холодний періоди року), у порядку поточного санітарного нагляду, а також під час прийняття нового технологічного устаткування до експлуатації, внесенні технічних змін до конструкції діючого устаткування, організації нових робочих місць тощо.

Вимірювання параметрів мікроклімату на робочих місцях проводяться на висоті 0,5-1,0 м від підлоги – при роботі сидячи, 1,5 м від підлоги – при роботі стоячи.

Температура поверхонь огорожуючих конструкцій (стін, стелі, підлоги) або обладнання (екранів тощо), зовнішніх поверхонь технологічного устаткування вимірюються приладами, які діють за принципом термоелектричного ефекту.

Інтенсивність теплового випромінювання вимірюють приладами з чутливістю в інфрачервоному діапазоні, що діють за принципом термо-, фотоелектричного та інших ефектів, або визначаються розрахунковим методом за температурою джерела.

2. Визначення параметрів мікроклімату

2.1. Вимірювання температури повітря

Температура повітря в робочих приміщеннях залежить від кількості тепла, що потрапляє до приміщення від джерел тепловиділення конвективним шляхом; кількості тепла, що видаляється з цього приміщення крізь стіни та різні відкриті прорізи; а також від розбавлення його зовнішнім повітрям.

В основі теплообміну конвекційним шляхом лежить закон Ньютона щодо охолодження нагрітих тіл, згідно з яким кількість тепла, що передається конвекцією до навколишнього повітря, можна розрахувати таким чином:

$$Q = CS(t - t_n), \quad (2.1)$$

де Q – тепловіддача, ккал/год;

C – коефіцієнт тепловіддачі;

S – площа джерела тепловіддачі, м²

t – температура джерела, $^{\circ}\text{C}$;

t_n – температура навколишнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Зважаючи на нерівномірність розподілу тепла у виробничих приміщеннях температуру повітря слід вимірювати в різних точках робочої зони: на постійних робочих місцях, у декількох точках зони найчастішого перебування робітників, на ділянках обслуговування обладнання і контролю за його роботою, на різних відстанях від джерел тепловиділення і від прорізів, крізь які поступає зовнішнє повітря, а також у різні періоди технологічного процесу, за різних погодних умов тощо.

Часто для з'ясування розподілу температури повітря на висоті приміщення, визначення температури в зоні переміщення кабін кранів, на верхніх робочих майданчиках тощо необхідно робити заміри температури повітря на різних висотах.

У всіх випадках одночасно з виміром температури повітря усередині приміщення необхідно періодично проводити аналогічні виміри для атмосферного повітря, щоб розрахувати різницю температур, з використанням якої нормується ряд показників.

Враховуючи, що в різні сезони року у виробничих приміщеннях мікроклімат формується по-різному (різна ступінь провітрювання, різниця в опаленні будинків, додаткове опалення або кондиціювання тощо), усі виміри температури повітря проводять і в теплий, і в холодний періоди року, а нерідко і в перехідні періоди.

2.1.1. Термометри

Найбільш поширеними приладами для вимірювання температури повітря є ртутні і спиртові термометри.

При замірах температури вище 0°C слід користуватися ртутними термометрами, тому що ртуть при нагріванні розширюється рівномірно, а спирт – нерівномірно. При температурі нижче -39°C ртуть замерзає; спирт не замерзає навіть при температурі нижче -100°C . Тому для виміру низьких температур необхідно користатися спиртовими термометрами.

2.1.2. Термографи

Термографи використовуються для реєстрації температури навколишнього повітря у часі. Приймаючою частиною термографів М-16с та М-16н є зігнута біметалева пластина, що зв'язана за допомогою важеля зі стрілкою з пером. Запис температур виконується на стрічці, яка намотана на барабан, що приводить у дію часовий механізм. Тривалість одного оберту барабана в приладі М-16н – 176 годин.

При встановленні всіх приладів для вимірювання температури необхідно виключити вплив на них інфрачервоних промінів від оточуючих поверхонь, температура яких відрізняється від температури повітря.

2.1.3. Парні термометри

Для виміру справжньої температури повітря в умовах теплового випромінювання користуються парним термометром, який складається з двох ртутних термометрів. Поверхня резервуару зі ртуттю одного з них зачорнена, а другого – покрита шаром срібла. Зачорнений термометр поглинає падаючі на нього теплові промені, а сріблястий – відбиває їх. Справжня температура повітря T_n визначається за формулою:

$$T_n = T_r - K(T_r - T_c), \quad (2.2)$$

де T_c – показання сріблястого термометра;

T_r – показання чорненого термометра;

K – константа парного термометра (визначається по паспорту приладу).

2.2. Вимірювання вологості повітря

Вологість повітря на відміну від його температури в робочих приміщеннях коливається не так різко і часто, тому її вимірюють, зазвичай, тільки в робочій зоні на основних робочих місцях.

У цехах і на виробничих ділянках з технологічними процесами, при здійсненні яких застосовуються вода або водні речовини, які зберігаються у відкритих ємностях, особливо з підігріванням (наприклад, травлення і промивання виробів з металу), вологість повітря відстежується більш детально. У подібних випадках важливо вимірювати вологість безпосередньо біля джерел во-

логовиділення, на різних відстанях від них, на різних висотах, на різних стадіях технологічного процесу тощо.

2.2.1. Психрометри

Для вимірювання вологості повітря частіше за всі інші прилади використовують психрометри.

Стаціонарний психрометр Августа (рис.2.1) складається з двох однакових ртутних термометрів: сухого і вологого. Резервуар вологого термометра обгорнутий батистом або іншою гігроскопічною тканиною, кінець якої розміщений у наповненій дистильованою водою скляночці.

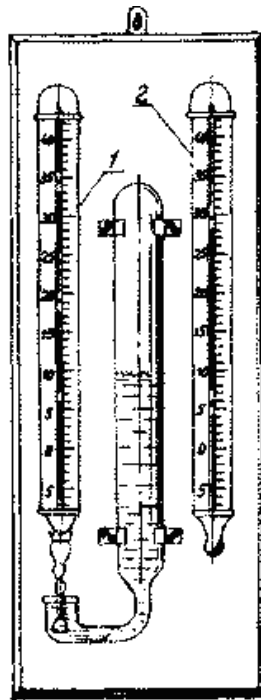


Рис.2.1 – Схема статичного психрометра (Августа)

Сухий термометр показує температуру навколишнього повітря, вологий – більш низьку температуру внаслідок випаровування води з поверхні його резервуару.

Абсолютна вологість повітря розраховується за формулою:

$$K = f - a(t_c - t_g)B, \quad (2.3)$$

де f – максимальна насиченість водної пари при температурі вологого термометра, г/м³;

t_c – показання сухого термометра, °С;

t_g – показання вологого термометра, °C;

B – барометричний тиск, мм.рт.ст.;

a – психрометричний коефіцієнт (для зовнішнього повітря – 0,00074, для повітря закритих приміщень – 0,0011).

Аспіраційний психрометр Ассмана (рис.2.2) складається з двох ртутних термометрів, закріплених у металевій оправі і замкнених у захисні металеві трубки, які сполучені загальним повітроводом з вентилятором, що знаходиться в головці приладу. Крізь трубку із рівномірною швидкістю під дією вентилятора проходить повітря, що досліджується, завдяки чому забезпечують постійність психрометричного коефіцієнта, а також усувають вплив теплового опромінення.

Перед підвіскою психрометра в зоні вимірювань включають його вентилятор. Через 4-5 хв. (а зимою через 2-5 хв.) після запуску вентилятора, не виключаючи його, можна знімати показання приладу.

Абсолютну вологість за показаннями аспіраційного психрометра знаходять за формулою:

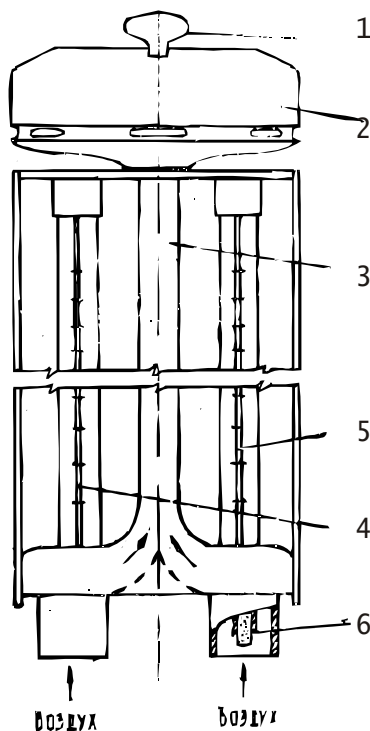


Рис. 2. 2. – Аспіраційний психрометр Ассмана

$$K = f - 0.5(t_c - t_a) \frac{B}{755}, \quad (2.4)$$

де 0,5 – постійний психрометричний коефіцієнт;

755 – середній барометричний тиск, мм рт.ст.

Маючи абсолютну вологість K і максимальну вологість F , знаходять відносну вологість φ за формулою:

$$\varphi = \frac{(K \cdot 100)}{F}. \quad (2.5)$$

Вологість повітря можна визначити і за допомогою спеціальних таблиць, за якими визначають відносну вологість повітря.

Для визначення відносної вологості за показаннями психрометра можна користуватися графіком. Хоча неточність показань по ньому складає 3-5%, він більш зручний для користування, ніж громіздкі таблиці.

2.2.2. Гігрометри

Гігрометри використовуються для прямого визначення відносної вологості.

Волосяні гігрометри сконструйовані на здатності людської волосини завдяки її гігроскопічності подовжуватись у вологому повітрі і скорочуватись у сухому повітрі.

Волосяний гігрометр МВ-1 являє собою рамку, на якій вертикально натягнутий спеціально оброблений знежирений волос, закріплений одним кінцем на металевій рамці, другим – на вісі стрілки. При зміні довжини волоса під впливом зміни відносної вологості повітря стрілка гігрометра переміщується вздовж шкали і вказує відсоток відносної вологості повітря.

Конденсаційний гігрометр М-56 складається із сенсора і поєднаного з ним електричним кабелем вимірювального містка в окремому кожусі. Принцип його дії засновано на охолодженні металевого дзеркальця вологою, що конденсується з оточуючого повітря.

Поява осадку на дзеркальці призводить до виникнення електричної провідності між електродом і дзеркальцем, що приводить в дію стрілку вказуючого приладу.

У плівковому гігрометрі М-39 – чутливим елементом служить гігроскопічна органічна плівка-мембрана, жорсткий центр якої з'єднаний із передаточним механізмом приладу. Принцип дії гігрометра полягає у зміні пружних деформацій плівкового датчика під впливом зміни вологості повітря. Ці деформації передаються з допомогою кінематичної системи на стрілку, яка переміщується відносно шкали.

2.2.3. Гігрографи

Гігрографи використовують для реєстрації у часі змін відносної вологості повітря. Приймальною частиною приладу служить пучок спеціально обробленого волосся, закріплений на рамці приладу. Зміна довжини пучка волосся під впливом змінення відносної вологості повітря призводить до руху стрілки з заповненням чорнилами пером, яке здійснює запис на спеціальній стрічці, закріпленій на барабані, що приводиться до руху часовим механізмом.

У гігрографі М-21с один оберт барабана здійснюється за 26 годин, а у гігрографі М-21н – за 176 годин.

2.2.4. Термогігрографи

Термогігрографи використовують для одночасного автоматичного запису температури і відносної вологості повітря. Практично це сукупність двох записуючих приладів з одним барабаном.

Правильність даних гігрометра та гігрографа необхідно періодично перевіряти за показниками аспіраційного психрометра.

2.3. Вимірювання швидкості руху повітря

При дослідженні швидкості руху повітря необхідно зважати на те, що через пульсуючий характер тепловиділень, а також через нерівномірність розміщення їхніх джерел, напрям повітряних потоків у виробничих приміщеннях може різко змінюватися. Повітряні потоки часто мають вихровий, турбулентний характер, тому перед вимірюванням швидкості руху повітря необхідно визначити його напрям.

Крім робочих місць і різних ділянок усієї робочої зони, швидкість руху повітря вимірюють також у відкритих прорізах воріт, вікон, ліхтарів тощо, а також на різних відстанях від них.

2.3.1. Анемометри

Для заміру швидкості руху повітря використовують анемометри та катермометри.

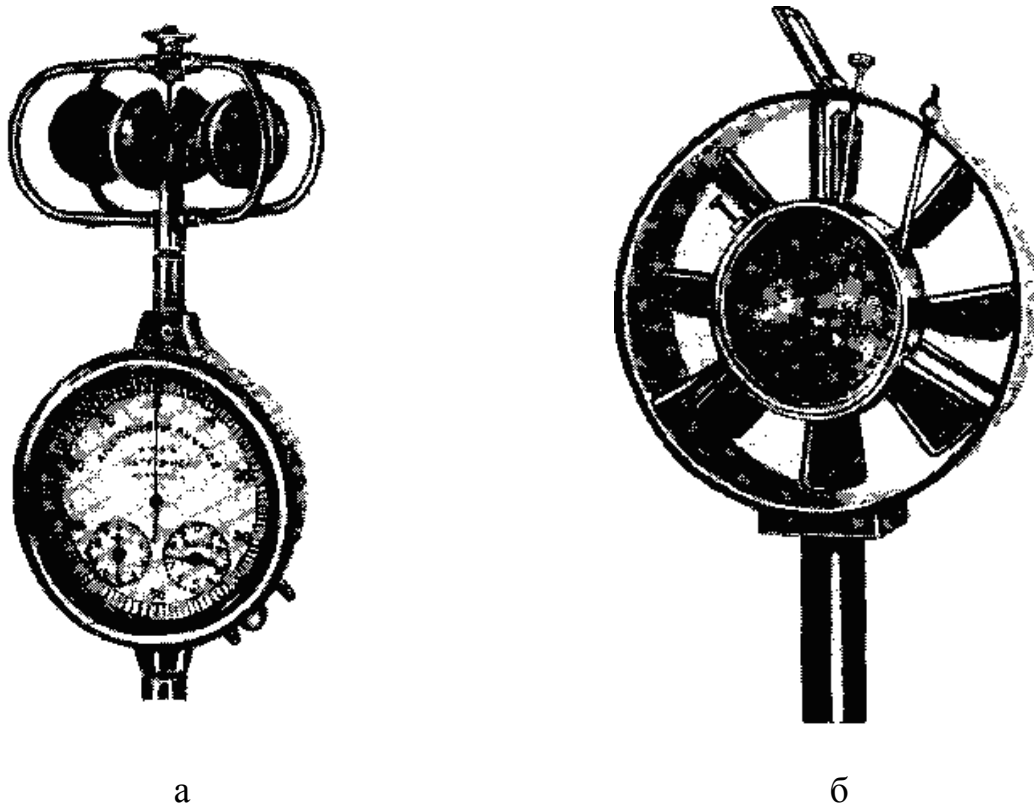


Рис. 2.3 – Анемометри:
а – чашковий; б – крильчатий

У **чашковому анемометрі** (рис.2.3а) приймальною частиною є хрестовина з чотирма півкулями, закріпленими на вертикальній осі і захищеними від механічних ушкоджень дротяним захистом. Під дією руху повітря півкулі обертаються, що реєструється лічильником, який включається аретиром (вмикачем). Межі вимірів 9-20 м/с, поріг чутливості – 0,8м/с.

Чашкові анемометри застосовують при вимірах великих швидкостей повітря і в умовах, коли напрям руху повітря часто змінюється або повітря турбулентне.

Крильчасті анемометри (рис.2.3б) використовують при вимірах швидкостей 0,5-10 м/с і односпрямованому русі повітря. Приймальна частина приладу – легка крильчатка, яка насаджена на вісь. Обертання крильчатки завдяки зубчастій передачі редуктора передається на стрілки приладу. Включення і виключення механізму здійснюється аретиром.

До кожного приладу додається два тарувальних графіка: для виміру швидкостей потоку до 1м/с та 1-5 м/с; поріг чутливості 0,2 м/с.

Диференційний мікроанемометр використовують для заміру малих швидкостей потоку повітря ($<0,5$ м/с). Він являє собою крильчастий анемометр із додатком у вигляді маленького вентилятора, який створює потік повітря з швидкістю 0,5 м/с і обертає крильчатку анемометра. Коли анемометр знаходиться у досліджуємому потоці повітря, кількість обертів його крильчатки в одиницю часу повинно зменшитись на величину, яка відповідає швидкості руху досліджуємого потоку. Таким чином, швидкість досліджуємого потоку повітря буде дорівнювати різниці між 0,5 м/с і швидкістю, яка отримана під час заміру (наприклад, $V=0,5-0,4=0,1$ м/с).

2.3.2. Кататермометри

Кататермометри (рис.2.4) – спиртові термометри з циліндричним або кульковим резервуаром знизу, який переходить у капіляр із розширенням у його верхній частині. Шкала кататермометра проградуєвана від 35 °С до 38 °С у циліндричному приладі; від 33 °С до 40 °С – у кульковому. Середня точка шкали дорівнює – 36,5 °С.

Використовують для заміру малих швидкостей повітря при температурі повітря і оточуючих поверхонь не більше 29 °С.

Принцип дії кататермометра полягає у охолодженні його резервуара в залежності від швидкості руху повітря. Перед заміром прилад нагрівають шляхом занурення у воду, яка нагріта до 65-75 °С таким чином, щоб спирт заповнив половину або трохи більше верхнього розширення капіляру. Після цього прилад ретельно витирають і підвішують вертикально.

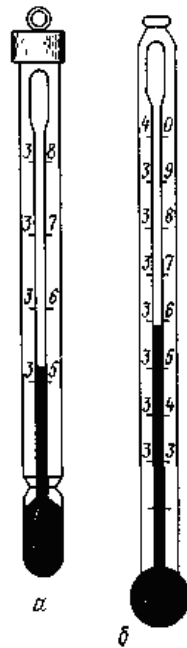


Рис. 2.4 – Кататермометри:
а – циліндричний; б – шаровий

Після установки кататермометра фіксують час, протягом якого він охолоджується від температури T_1 до температури T_2 . При цьому температуру T_2 вибирають таким чином, що полусума $T_1 + T_2$ дорівнювала $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При кожному зниженні температури від $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (або від $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $33\text{ }^{\circ}\text{C}$) кататермометр втрачає постійну кількість тепла.

Для кожного приладу попереднім таруванням знаходять фактор F , який визначає тепловіддачу в мілікалоріях з 1 см^2 поверхні нижнього резервуару при вказаному вище охолодженні кататермометру (величина F позначена на кожному приладі). Константа кататермометру Φ , яка визначає величину тепловіддачі при охолодженні на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, дорівнює $F=3$, мкал/($\text{см}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$).

У залежності від зовнішніх умов (температури повітря і його рухливості) швидкість охолодження сухого кататермометра різна. Знаючи час t , протягом якого мало місце охолодження, можна визначити охолоджуючу силу повітря H , тобто кількість тепла, яке втрачає кататермометр за певних умов повітряного середовища в одиницю часу за формулою:

$$H = \frac{\Phi(T_1 - T_2)}{t}, \text{ мкал/}(\text{с} \cdot \text{см}^2). \quad (2.6)$$

Для визначення швидкості руху повітря необхідно знати співвідношення H/Q , де Q – різниця між середньою температурою кататермометра ($36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) і середньою температурою навколишнього повітря.

Для визначення швидкості повітря по показанням кулькового кататермометра можна користуватися допоміжною таблицею, яка вказує зв'язок між відношенням H/Q і швидкістю руху повітря V .

Швидкості руху повітря по циліндричному кататермометру визначається за формулами:

при $H/Q < 0,6$

$$\frac{1}{V} = \left(\frac{H / Q - 0.20}{0.40} \right)^2 ; \quad (2.7)$$

при $H/Q \geq 0,6$

$$V = \left(\frac{H / Q - 0.13}{0.47} \right)^2 . \quad (2.8)$$

Для визначення швидкості руху повітря за показаннями циліндричного кататермометра можна також користуватися допоміжними таблицями.

Електроанемометри діють за тим же принципом, що і катотермометри, тобто залежності швидкості охолодження нагрітого тіла від швидкості руху повітря.

Використовують для замірів малих швидкостей руху повітря ($< 0,5\text{ м/с}$).

2.4. Вимірювання інтенсивності інфрачервоного випромінювання.

Джерелами інфрачервоного (теплого) випромінювання є поверхні, температура яких вища у порівнянні з поверхнями, які опромінюються. Відносно працівника такими джерелами можуть бути всі оточуючі його поверхні з температурою вище температури тіла людини. Чим більше різниця температур, тим інтенсивніше опромінення. Незалежно від цієї різниці інтенсивність випромінювання змінюється обернено пропорційно квадрату відстані від джерела випромінювання.

Інтенсивність інфрачервоного випромінювання необхідно вимірювати на робочих місцях або в робочій зоні біля відкритого вогню, розжареного металу, нагрівального обладнання та інших нагрітих поверхонь.

2.4.1. Актинометри

Інтенсивність теплового випромінювання вимірюють актинометрами, дія яких заснована на поглинанні променевої енергії і перетворенні її в теплову енергію, кількість якої реєструється різними способами.

Актинометри, у яких для реєстрації інфрачервоного випромінювання використані термоелектричні явища, називають електроактинометрами. Приймач актинометра виконаний з алюмінієвої пластини, на якій по чергову розміщені в шаховому порядку зачернені (які поглинають теплові промені) і блискучі (що відбивають ці промені) секції. До пластинки прикріплена батарея з термопар, яка з'єднана з гальванометром. Величина відхилення стрілки відповідає інтенсивності падаючих на приймач інфрачервоних променів. Ціна ділення гальванометра $0,5 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$. Інерція приладу 2-3с.

2.4.2. Термоелементи

Термоелемент являє собою замкнений ланцюг, який складається з двох різнорідних провідників. Якщо місця контактів мають різні температури, у ланцюзі виникає термоелектрорушійна сила і термоелектричний струм, величини якого залежать від різниці температур і реєструється гальванометром або мілівольтметром, які підключені до ланцюга термоелемента.

2.5. Вимірювання температури поверхонь

Температуру відкритого полум'я або нагрітих поверхонь вимірюють для встановлення потужності джерел тепловиділення при розрахунках теплового балансу будинків і приміщень, а також для визначення розрахунковим шляхом інтенсивності інфрачервоного випромінювання.

Для заміру температури розжарених тіл за їхнього яскравістю користуються **оптичними пірометрами**, які мають високу точність. Поряд з ними використовують також **радіаційні та термоелектричні пірометри**.

Заміри температури поверхні нижче 600°C можуть виконуватися **контактними або радіаційними термометрами**. При контакті приймальної частини такого термометра з нагрітою поверхнею стрілка гальванометра або мілівольтметра відхиляється і показує на шкалі температуру цієї поверхні в $^\circ\text{C}$.

3. Експериментальна частина

3.1. Прилади та обладнання

1. Аспіраційний психрометр Ассмана.
2. Барометр-анероїд МД-49А.
3. Анемометр чашковий.
4. Анемометр крильчастий.

3.2. Порядок виконання досліджень

Підготувати відповідні лабораторні прилади та обладнання і, користуючись методикою [3], провести дослідження та обробку отриманих результатів параметрів мікроклімату в приміщенні лабораторії.

Результати дослідження представлені у протоколах 1,2,3.

Протокол 1. Результати визначення температури і відносної вологості

Температура відповідно до показань термометрів:		Барометричний тиск Р, мм рт. ст.	Вологовміст повітря, максимально насиченого водяною парою, при температурах термометрів:		Вологість повітря	
сухого $t_c, ^\circ\text{C}$	вологого $t_b, ^\circ\text{C}$		сухого $f_{\text{maxc}}, \text{мм рт. ст.}$	вологого $f_{\text{maxb}}, \text{мм рт. ст.}$	абсолютна $f_c, \text{мм рт. ст.}$	відносна $\phi, \%$

Протокол 2 . Результати виміру швидкості руху повітря

Відліки по шкалі анемометра		Час виміру Т, с	Число поділок у секунду, n	Швидкість руху повітря, V, м/с
До виміру N ₁	Після виміру N ₂			
1.				
2.				
3.				
середнє				

Протокол 3. Підсумкові результати виміру параметрів мікроклімату

Характер параметрів мікроклімату		Температура повітря, t, °C	Відносна вологість повітря φ, %	Швидкість руху повітря V, м/с
Розраховані чи заміряні				
Нормовані ДСН 3.3.6.042-99	Оптимальні			
	Допустимі			
Відповідність (невідповідність) нормованим значенням				

На основі фактичних результатів досліджень метеоумов запропонувати заходи щодо проведення неприпустимих параметрів мікроклімату до вимог нормативних документів.

4. Контрольні питання

1. Що таке, згідно ДСТУ 2293-99, виробниче середовище?
2. Дайте визначення виробничому приміщенню і робочій зоні.
3. Що розуміють під мікрокліматом виробничих приміщень?
4. Від чого залежать оптимальні і допустимі мікрокліматичні умови?
5. Які вимоги до вимірювання параметрів мікроклімату?
6. Якими приладами виконують заміри температури повітря?
7. З яких елементів складаються психрометри Августа і Ассмана?
8. Які, крім психрометрів, прилади використовують для заміру вологості повітря?
9. Якими приладами заміряють швидкість руху повітря?
10. Викладіть принцип дії анемометрів.
11. Як і якими приладами вимірюють інфрачервоне випромінювання?
12. Методика і прилади вимірювання температури нагрітих поверхонь?

5. Список літератури

1. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.

2. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

3. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. За ред. Б.М.Коржика. -Харків: ХДАМГ, 2002.-105с.

Лабораторна робота №3

Методи дослідження розповсюдження шуму у приміщеннях.

Мета роботи: Ознайомитися з характеристиками звукового поля, методиками акустичних вимірювань і побудови шумових карт приміщень та засобами і заходами захисту працюючих від негативного впливу виробничого шуму.

1. Загальні відомості.

Звук або шум виникає при механічних коливаннях у твердих, рідких та газоподібних середовищах. **Шум** – це різноманітні звуки, які заважають нормальній життєдіяльності людини і викликають несприятливі відчуття. **Звук** являє собою коливальний рух пружного середовища, який сприймається нашим слуховим аналізатором. Звук, що розповсюджується у повітряному середовищі, називають **повітряним шумом**, а той, що передається будівельними конструкціями – **структурним шумом**.

Частина простору, у якому розповсюджуються звукові хвилі називають **звуковим полем**. Будь-яка точка звукового поля характеризується певним **звуковим тиском** P і швидкістю руху часток повітря C . Швидкість розповсюдження звукових хвиль залежить від пружних якостей, температури і щільності середовища, у якому вони розповсюджується.

При розповсюдженні звукових хвиль має місце перенос енергії. Звукова енергія, що переноситься, визначається інтенсивністю звука I . В умовах вільного звукового поля інтенсивність звука вимірюється середньою кількістю енергії, яка проходить в одиницю часу крізь одиницю поверхні, що перпендикулярна напрямку розповсюдження звуку.

Інтенсивність звуку (Вт/м^2) є векторною величиною і може бути визначена з наступної залежності:

$$I = \frac{P^2}{(\rho c)}; \quad V = \frac{P}{(\rho c)}; \quad I = V \cdot P, \quad (3.1)$$

де P – миттєве значення звукового тиску, Па;

V – миттєве значення коливальної швидкості, м/с;

ρ – щільність середовища, кг/м^3 ;

ρc – питомий акустичний опір середовищ (для повітря – 410 Па/с).

Інтенсивність шуму який проходить крізь поверхню сфери радіуса r , дорівнює випроміненій потужності джерела W , що поділена на площу поверхні джерела:

$$I = \frac{W}{(4\pi r^2)}. \quad (3.2)$$

Ця залежність визначає **основний закон розповсюдження звука у вільному звуковому полі** (без урахування затухання), згідно з яким інтенсивність звуку зменшується обернено пропорційно квадрату відстані.

Характеристикою джерела звуку є **звукова потужність** W , яка визначає загальну кількість звукової енергії, що випромінюється усією поверхнею джерела S в одиницю часу.

$$W = \oint I^n dS \quad (3.3)$$

де I^n – інтенсивність потоку звукової енергії у напрямку нормалі до елементу поверхні.

Якщо на шляху розповсюдження звукових хвиль зустрічається перешкода, то згідно з явищем **дифракції** має місце обгинання перешкоди звуковими хвилями. Огинання тим більше, чим більше довжина хвилі порівняно з лінійними розмірами перешкоди. При довжині хвилі менше розміру перешкоди має місце відбиття звукових хвиль і утворення за перешкодою „звукової тіні”, де рівні звука значно нижчі порівняно з рівнем звука, який діє на перешкоду. Тому звуки низької частоти легко огинають перешкоду та розповсюджуються на великі відстані. На ці обставини необхідно зважати при використанні шумозахисних екранів.

У закритому просторі (виробничі приміщення) звукові хвилі, що відбиваються від перешкод (стін, стелі, обладнання), утворюють у приміщенні так зване **дифузійне звукове поле**, де всі напрями розповсюдження звукових хвиль рівновірогідні.

2. Методики акустичних вимірювань

Вимірювання різних акустичних параметрів можливо проводити або на відкритому просторі – у „**вільному звуковому полі**”, або у закритому приміщенні – у „**відбитому полі**”.

Розповсюдження звукових хвиль у вільному просторі здійснюється з безперервною втратою енергії за рахунок дисипації (переходу енергії впорядкованого руху в енергію хаотичного руху частинок - теплоту), яка обернено пропорційна квадрату відстані:

$$L_r = L_o - 20 \lg r - 8 \text{ (у півпросторі - } 2\pi r^2), \quad (3.4.1)$$

$$L_r = L_o - 20 \lg r - 11 \text{ (у просторі - } 4\pi r^2), \quad (3.4.2)$$

де r – відстань від джерела до приймача, м;

L_o – рівень звукової потужності джерела шуму, дБ;

L_r – рівень звукового тиску, що визначається на необхідній відстані (м) від джерела, дБ.

Розрахунок за формулами (3.4.1 та 3.4.2) правомірний лише в абсолютно вільному від перешкод (відкритому) просторі, тому що формулами не передбачені до уваги явища відбиття та дифракції звуку.

При вимірах рівній звукового тиску в контрольній точці для визначення звукових потужностей, що випромінюються джерелом, мікрофон повинен бути спрямований на джерело. Для визначення рівній звукових потужностей джерела, яке стоїть на землі, після заміру рівній його звукового тиску, користуються формулою:

$$L_o = L_r + 20 \lg r + 8 \quad (3.5)$$

Наприклад, на відстані 100 м від джерела, яке знаходиться у вільному звуковому полі, необхідно визначити рівень його звукової потужності. У конт-

рольній точці (на цій відстані) був зареєстрований рівень звуку в 100 дБА. Користуючись формулою (3.5), можна визначити загальний рівень випромінюваної звукової потужності джерела:

$$L_o = 100 + 20 \lg 100 + 8 = 100 + 20 \cdot 2 + 8 = 148 \text{ дБА.}$$

Але виміряні рівні звуку або рівні звукових тисків не можуть служити характеристиками, які достатні для досліджень акустичних параметрів джерела. Визначальним і порівняльним є звукова потужність, що випромінюється джерелом у функції частоти коливань. Акустична або звукова потужність відіграє визначальну роль у методиці акустичних досліджень причин виникнення та шляхів розповсюдження шуму машин. Згідно з ГОСТ 12.1.026-80 [1] точним методом визначення звукової потужності, що випромінюється джерелом, є дослідження його у вільному звуковому полі. Зважаючи на те, що умови звукового вільного поля у виробничих приміщеннях створити неможливо, зазвичай користуються заглушеними камерами. Вони забезпечують умову, при якій вільне звукове поле в їх межах характеризується наявністю лінійної оберненої залежності звукового тиску від відстані між центром випромінювання звуку і точкою вимірювання.

Якщо є можливість визначення звукової потужності, що випромінюється джерелом на відкритому просторі (поле, заводський двір великих розмірів із зеленими насадженнями по периферії, при вільному від поверхонь, що відбивають, майданчику не менше 100 м у діаметрі), можна для визначення рівнів звукової потужності, які випромінюються джерелом, користуватися наступною формулою:

$$L_w = \bar{L}_B + 20 \lg r + 8 + \lg \frac{\rho_0 c_0}{\rho c}, \quad (3.6)$$

де \bar{L}_B – середнє значення вимірювань звукового тиску, дБ;

r – відстань від джерела до точки випромінювання, м;

ρ_0 – щільність повітря, кг/м³;

c_0 – швидкість розповсюдження звуку, м/с;

ρ_c – питомий акустичний опір газового середовища (щільність повітря помножена на швидкість розповсюдження в ньому звукових хвиль при зовнішній температурі близько +20 °С і вологості 40-50%).

Викривлення результатів вимірів від дії вітру не враховується тому, що мікрофон захищено протиповітряною сіткою, а виміри, по можливості, слід виконувати при відсутності вітру.

Для виміру рівній звукової потужності, яку випромінює машина, що встановлена на відкритому повітрі або на підлозі заглушеної камери, перш за все вимірюють рівень звукових перешкод у точках, де будуть проводитись виміри потужності. При вимірах на відкритому повітрі точки розташовуються на окружності радіусом порядку 2-3 м через кожні 45° на висоті 150 см над землею. Усе викладене вище відноситься також до вимірів у заглушеній камері – на півсфері.

Якщо рівень акустичних перешкод нижче корисного сигналу на 10 дБ і більше в кожній октавній смузі, його не беруть до уваги.

Найбільш надійними є визначення звукової потужності машин на відкритому повітрі або у заглушених камерах. У той же час важко знайти відповідні умови для вимірів на відкритому просторі або мати на кожному машинобудівному заводі заглушену камеру, тому необхідно розглянути можливість визначення розповсюдження шуму від джерел у закритих приміщеннях.

2.1. Звукове поле в приміщеннях при роботі обладнання.

Кожне замкнене приміщення являє собою повітряний обсяг, в якому рівномірно розподілені маси і пружності. Такого роду середовище має назву **середовище з розподіленими параметрами**. Передача звукової енергії середовищем відбувається за рахунок надлишкового звукового тиску, що здійснює роботу під час коливального руху часток повітря, на які він діє. Звукова енергія, що передається середовищем, визначається роботою, яка здійснюється звуковим тиском на шляху зміщення часток середовища. На елементарній поверхні dS , яка розміщена на площині, дія звукового тиску дорівнює $P \cdot dS$. Якщо коли-

вальну швидкість часток, які розміщуються на цій поверхні позначити через U , вектор щільності потоку потужності дорівнює

$$W = PU \quad (3.7)$$

Якщо вектор потоку потужності спрямований нормально відносно поверхні dS , він має назву **ефективного значення інтенсивності або сили звуку** і виражається за допомогою середньоквадратичного звукового тиску (див. формулу (3.1)).

$$I = \frac{p^2}{(\rho c)}.$$

Інтенсивність звуку – величина векторна. Але в замкнутому обсязі прийнято орієнтуватися не на векторні величини, яких там безкінечна множина, а на **щільність звукової енергії** – кількість її в одиниці повітряного обсягу складає

$$E = \frac{p^2}{\rho c^2} = \frac{I}{C}, \quad (3.8)$$

де C – швидкість розповсюдження звукових коливань у повітрі приміщення (340 м/с при $t = 20^\circ\text{C}$ и $\varphi = 50\%$).

У замкнутому повітряному обсязі ідеальним станом звукового поля є **дифузне звукове поле** – таке звукове поле, у якому щільність звукової енергії у будь-якому обсязі повітря є однаковою.

Але у виробничих приміщеннях будь-якого типу не може бути дифузного звукового поля внаслідок великої різниці в лінійних розмірах приміщення, а також наявності великої кількості одночасно працюючих джерел шуму, що утворює надзвичайно складну картину звукового поля і велику неоднорідність щільності звукової енергії.

Тому для оцінки звукового поля у виробничих приміщеннях застосовують побудову **шумових карт**.

У кожному приміщенні можна зафіксувати його шумову карту у вибраній площині горизонтального перерізу повітряного обсягу. Зазвичай шумова карта будується в горизонтальній площині, яка розміщена на вертикальній позначці

1,6 м від підлоги, що відповідає положенню слухового аналізатора людини середнього зросту.

Для того, щоб отримати карту розподілення рівній звукового тиску в дБ або рівній звуку в дБА, на прийняту вимірювальну площину поверхні підлоги наносять сітку з квадратів із стороною 1 м. Мікрофон шумоміру закріплюється на вертикальному стояку на висоті 1,6 м. У процесі вимірювань мікрофон повинен обов'язково направлятися на джерело шуму.

На розмічену ортогональну сітку плану приміщення наносять середні результати вимірів у точках перетину осей. Бажано проводити в кожній точці не менше п'яти вимірів. Точки на плані приміщення з однаковими значеннями вимірюваних параметрів шуму з'єднуються лініями, які визначають однакові рівні звукових тисків або рівнів звуку. Ці ізолінії дають уяву про розподіл рівнів звукового поля в горизонтальній площині перерізу приміщення на вибраній висоті від полу.

3. Експериментальна частина

3.1. Прилади та обладнання

1. Вимірювач шуму і вібрації ВШВ-003 (рис.3.1)
2. Мікрофон М-101 на стояку.
3. Лабораторні джерела шуму.

Вимірювач шуму і вібрації ВШВ-003

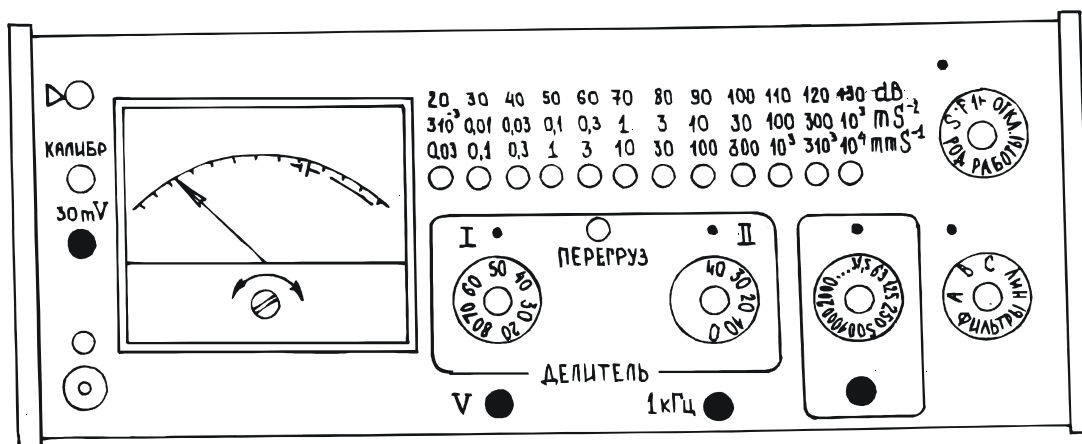


Рис. 3.1 – Загальний вигляд вимірювача шуму та вібрації ВШВ-003

Вмикання приладу здійснюють перемикачем "РІД РОБОТИ". Встановити перемикач "РІД РОБОТИ" в положення "+". При цьому положенні здійснюється контроль напруги живлення приладу. Стрілка приладу, що показує живлення, повинна знаходитися у межах від 7 до 10 дБ. Про наявність напруги свідчить також світіння одного з світлодіодів перемикача "ДІЛЬНИК". Встановити перемикач "РІД РОБОТИ" в положення "F" (швидко) або "S" (повільно). Вимірювач ВШВ-003 готовий до роботи.

Вимірювання рівнів звука в децибелах А на характеристиці А виконують у наступній послідовності:

а) кнопки "V", "I кГц" і "ФІЛЬТРИ ОКТАВНІ" повинні бути відключені, тобто знаходитися у віджатому стані. Перемикач "РІД РОБОТИ" встановити в положення "ВІДКЛ";

б) обережно з'єднати мікрофонний капсул М-101 із передпосилувачем, останній за допомогою кабелю з'єднати з роз'єднувачем приладу;

в) перемикачі приладу встановити в положення: "ДІЛЬНИК I - 80", "ДІЛЬНИК II – 50"; "ФІЛЬТРИ-А"; "РІД РОБОТИ -S";

г) після хвилинного самопрогріву робити вимір рівня звуку поступово, спочатку перемикачем "ДІЛЬНИК I", а потім "ДІЛЬНИК II", вивести стрілку приладу до сектору 0–10 дБ, для зручності можна використовувати світлове табло, що фіксує суму положень перемикачів "ДІЛЬНИК I" і "ДІЛЬНИК II" за шкалою "Д" навпроти світлодіода. Для отримання результату виміру скласти показання світлодіода і вимірювальної шкали на передній панелі приладу. Якщо періодично засвічується індикатор "ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ", необхідно переключити "ДІЛЬНИК" на рівень вище.

3.2. Порядок виконання досліджень.

1. Розподілити приміщення лабораторії на квадрати із стороною 1 м і визначити точки перетину осей.

2. Встановити в заданій точці приміщення штучне джерело шуму.
3. Розміщуючи послідовно стояк з мікрофоном у точках перетину осей, зробити в них по п'ять вімирів рівнів звуку від джерела в дБА [2].
4. На основі середніх значень рівнів звуку в кожній точці виміру, побудувати шумову карту приміщення.
5. Порівняти отримані дані з нормативними значеннями шуму [3], запропонувати заходи щодо забезпечення вимог нормативного документа [2].

4. Контрольні питання

1. Дайте визначення поняття „шум”.
2. Що таке „повітряний” і „структурний” шуми?
3. Що називають „звуковим полем”, якими параметрами воно характеризується?
4. Викладіть поняття „інтенсивність звуку” і чим вона вимірюється?
5. Сформулюйте основний закон розповсюдження звуку у вільному звуковому полі.
6. Що таке „звукова потужність”?
7. Яка методика виміру звукової потужності на відкритому просторі і в заглушеній камері?
8. Дайте визначення „середовища з розподіленими параметрами”.
9. Що таке „дифузне звукове поле”?
10. Викладіть визначення „щільності звукового поля”.
11. Яка методика побудови „шумової карти приміщення”?

5. Список літератури.

1. ГОСТ 12.1.023-80. Шум. Методы установления значений шумовых характеристик стационарных машин. М., 1988.
2. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. За ред. Б.М.Коржика. - Харків: ХДАМГ, 2002.- 105с.
3. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. К.,2000.

Лабораторна робота № 4

Методи дослідження ефективності засобів боротьби з вібрацією

Мета роботи: Ознайомитись з параметрами вібрації, її класифікацією, методами досліджень та засобами захисту працюючих від негативної дії виробничої вібрації.

1. Загальні відомості.

Розвиток механізації та вдосконалення технологічних процесів у будівництві та промисловості будівельних матеріалів викликав широке використання вібраційної техніки, потужних будівельних машин і механізмів. У наслідок цього зростає кількість працюючих, на яких діють високі рівні вібрації.

Вібрація – це механічні коливання твердого тіла.

Під вібрацією розуміється рух механічної системи, при якому відбувається зміна у часі хоча б однієї координати, які характеризують положення системи в просторі [1].

Коливаннями в техніці називають рухи, які характеризуються певною періодичністю у часі. Найпростішими коливаннями є гармонічні, за яких величина змінюється за законом синуса або косинуса:

$$X = X_0 \cdot \sin \omega t, \quad (4.1)$$

де X – амплітуда вібропереміщення;

ω – кругова частота коливань.

За способом збудження коливання можуть бути вільними або примусовими. Вільні (або власні) коливання – це коливання, які здійснює механічна система, що має пружність і масу після виведення із стану рівноваги. Характер вільних коливань (частота, тривалість) залежить тільки від властивостей самої системи – маси, пружності, сил загасання.

За способом передачі тілу людини розрізняють загальну і локальну вібрацію [2].

Загальна вібрація – вібрація, яка передається людині через опорні поверхні тіла (людина стоїть або сидить).

Локальна вібрація – вібрація, яка передається через руки працюючих при контакті з ручним механізованим інструментом, органами керування машинами і устаткуванням, деталями, що обробляються тощо.

Загальну вібрацію відповідно до джерела її виникнення поділяють на наступні категорії:

Категорія 1 – транспортна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях самохідних і причіпних машин, транспортних засобів під час їхнього руху місцевістю і дорогами.

Категорія 2 – транспортно-технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях машин із обмеженою рухомістю і таких, які рухаються тільки спеціально підготовленими поверхнями виробничих приміщень, майданчиками і гірськими виробками.

Категорія 3 – технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях стаціонарних машин або передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації.

Загальну технологічну вібрацію за місцем дії поділяють на наступні типи:

- а) на постійних робочих місцях виробничих приміщень;
- б) на робочих місцях приміщень, де немає джерел вібрації;
- в) на робочих місцях приміщень для працівників розумової праці.

Локальну вібрацію за джерелом виникнення поділяють на таку, що передається від:

- ручних машин або ручного механізованого інструмента, органів керування машинами і устаткуванням;
- ручних інструментів без двигунів (рихтувальні молотки тощо) і деталей, які обробляються.

За напрямками дії загальну вібрацію характеризують з урахуванням осей ортогональної системи координат (X_3 ; Y_3 , Z_3), яка діє у вертикальному (перпендикулярному опорним поверхням тіла) напрямі – вісь Z_3 , горизонтальному подовжному (спина-груди) напрямі – вісь X_3 , і горизонтальному (плече-груди) напрямі – вісь Y_3 .

За напрямками дії локальну вібрацію характеризують з урахуванням осей ортогональної системи координат ($X_{\text{л}}$, $Y_{\text{л}}$, $Z_{\text{л}}$), яка діє уздовж вісі $X_{\text{л}}$, яка паралельна вісі місця охоплення джерела вібрації; яка діє вздовж вісі $Z_{\text{л}}$ (паралельне передпліччю руки працюючого) і вісі $Y_{\text{л}}$, яка перпендикулярна відносно вісів $X_{\text{л}}$ і $Z_{\text{л}}$.

Для санітарного нормування і контролю використовуються середні квадратичні значення віброшвидкості V або віброприскорення (a), а також їх логарифмічні рівні в децибелах [2].

Віброшвидкість – кінематичний параметр, який дорівнює швидкості переміщення точки, що коливається з певною частотою.

Віброприскорення – кінематичний параметр, який дорівнює прискоренню переміщення точки, що коливається з певною частотою.

Логарифмічні рівні віброшвидкості в дБ визначаються за формулою:

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0}, \quad (4.2)$$

де V – середнє квадратичне значення віброшвидкості, м/с;

$V_0=5 \cdot 10^{-8}$ – опорне значення віброшвидкості (для загальної та локальної вібрації), м/с.

Логарифмічні рівні віброприскорення в дБ визначаються за формулою:

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0}, \quad (4.3)$$

де a – середнє квадратичне значення віброприскорення, м/с²;

$a_0=3 \cdot 10^{-4}$ – опорне значення віброприскорення (для загальної та локальної вібрації), м/с².

За часовими характеристиками загальні і локальні вібрації поділяють на:

- **постійні**, для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється менше ніж у 2 рази (менше 6 дБ) за робочу зміну;
- **непостійні** – для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється не менше ніж у 2 рази (6 дБ і більше) за робочу зміну.

Непостійні вібрації поділяються на:

- **мінливі**, рівні яких безперервно змінюються у часі;

- **переривчасті**, коли контакт із вібрацією в процесі роботи уривається, а довжина інтервалів, під час яких має місце контакт, складає більше 1 с;
- **імпульсні**, які складаються з одного або декількох вібраційних впливів (наприклад, ударів), кожний довжиною менше ніж 1 с.

Гігієнічна оцінка вібрації у виробничих умовах здійснюється за допомогою наступних методів:

- частотного (спектрального) аналізу її параметрів;
- інтегральній оцінці за спектром частот параметрів, що нормуються;
- дози вібрації.

Під час дії постійної загальної або локальної вібрації нормуємим параметром є середньоквадратичне значення віброшвидкості (V) і віброприскорення (a) або їхні логарифмічні рівні в дБ у діапазоні октавних смуг їх середньогометричними частотами:

- для локальної вібрації – 8,0; 16,0; 31,5; 63,0; 125,0; 250,0; 500,0; 1000,0 Гц;
 - для загальної вібрації – 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 31,5; 63,0 Гц
- або у діапазоні 1/3 октавних смуг 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц.

2. Методи оцінки зменшення шкідливої вібрації

Методи зменшення шкідливих вібрацій від працюючого обладнання можна поділити на дві основні групи:

- 1) методи, які зменшують інтенсивність збуджуючих сил у джерелі їх виникнення;
- 2) методи послаблення вібрації на шляхах її розповсюдження крізь опорні зв'язки від джерела до інших машин і будівельних конструкцій.

Якщо не вдається зменшити вібрацію у джерелі або вібрація є необхідним технологічним компонентом, ослаблення дії вібрації досягається застосуванням віброізоляції; фундаментів, що гасять вібрацію; вібропоглинання; динамічних гасників вібрації.

2.1. Віброізоляція

Віброізоляція зветься **активною**, якщо для її зменшення використовується додаткове джерело енергії.

Для захисту робочого місця **або** фундаменту від коливань, що випромінюються обладнанням застосовують **пасивну** віброізоляцію у сполученні з використанням фундаментів, що гасять вібрацію. При цьому зменшення передачі динамічної сили від машини до фундаменту і далі на робочі місця досягається шляхом розміщення між ними пружних елементів (віброізоляторів або амортизаторів).

Амортизатори виконують із сталевих пружин, гуми та інших пружних матеріалів. Застосовують також комбіновані гумометалеві, пружино-пластмасові віброізолятори тощо.

Ефективність віброізоляції буде вище із зменшенням динамічної сили, що передається на фундамент. Тому **основним показником**, що характеризує якість **віброізоляції** будь-якої машини масою M , встановленої на амортизатори жорсткістю K , є **коефіцієнт передачі μ** . Він показує, яка частина динамічної сили F , що збуджується у джерелі вібрації, передається крізь амортизатори фундаменту (F_ϕ).

$$\mu = \frac{F_\phi}{F} = \frac{KX}{F}, \quad (4.4)$$

де X – деформація пружини під дією динамічної сили F , см.

Для пасивної віброізоляції μ визначається як відношення значення переміщення X_0 (швидкості V_0 , прискорення a_0) захищеного об'єкта до значення цієї ж величини X джерела збудження:

$$\mu = \frac{X_0}{X} = \frac{V_0}{V} = \frac{a_0}{a}. \quad (4.5)$$

Якщо знехтувати загасанням коливань у матеріалі віброізоляторів, то в сталевих пружинних амортизаторах коефіцієнт передачі

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1}, \quad (4.6.)$$

де f – частота вимушених коливань джерела вібрації, Гц;

f_0 – частота власних коливань системи на амортизаторах, Гц.

З формули 4.6 витікає, що для отримання достатньо малого значення μ необхідно, щоб частина власних коливань була набагато менше частоти вимушених коливань джерела вібрації. Правильно запроектовані і якісно виготовлені пружинні амортизатори повинні мати $\mu \leq 1/40$.

Частота власних коливань віброізовольованої системи визначається

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}. \quad (4.7)$$

Статичне осідання амортизатора (м) під дією ваги віброізовольованої машини визначається як $\lambda_{cm} = \frac{P}{K}$, звідки

$$K = \frac{P}{\lambda_{cm}} \quad (4.8)$$

де P – вага машини, Н; $P = M \cdot g$ ($g = 9.81 \text{ см/с}^2$);

K – жорсткість амортизаторів, Н/см.

Підставляючи у формулу (4.7) значення K , отримуємо

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{M \cdot g}{\lambda_{cm} M}} = \frac{1}{6.28} \sqrt{\frac{9.81}{\lambda_{cm}}} = \frac{5}{\sqrt{\lambda_{cm}}}. \quad (4.9)$$

Таким чином, власна частота коливань віброізовольованої машина визначається тільки статичним прогином віброізолятора під дією ваги машини. Чим більше λ_{cm} , тим „м’якше” амортизатори, менше власна частота коливань системи і, як наслідок, ліпші віброізолуючі властивості амортизаторів.

У практиці проектування систем віброізоляції спочатку визначають норму вібрації, а потім визначають необхідний коефіцієнт передачі μ або значенням частоти власних коливань f_0 віброізовольованої машини. Знаючи μ і частоту вимушених коливань f , знаходять f_0 , а потім розраховують сумарну жорсткість K всіх амортизаторів. Якщо ж визначають значенням частоти власних коливань f_0 , то відразу може бути визначена і сумарна жорсткість амортизаторів.

Для розрахунків f_0 (Гц) і K (Н/см) використовують наступні формули:

$$f = \frac{f}{\left(\sqrt{\frac{1}{\mu}} + 1\right)}, \quad (4.10)$$

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{\frac{p}{k}}}, \quad (4.11)$$

$$K = \frac{Pf_0^2}{25}. \quad (4.12)$$

2.2. Вібропоглинаючі фундаменти

Зменшити коливання, що передаються на робочі місця і будівельні конструкції, від динамічно неврідноважених машин (віброплощини, силові установки тощо) можливо шляхом встановлення їх на масивні вібропоглинаючі фундаменти (основи). Конструктивно вібропоглинаючі фундаменти виконують у вигляді залізобетонної плити, по периметру якої створюють акустичний шов, що заповнюють легкими пружними матеріалами. Призначення його – усунення безпосередньої передачі коливань від фундаменту до будівельної конструкції.

Фундаменти під віброактивні машини повинні задовольняти вимогам міцності та стійкості, а інтенсивність вібрації робочих місць, що розміщені на них, не повинна перевищувати значення нормативних параметрів [2,3].

Розрахунок фундаментів під віброактивну машину включає перевірку відповідності амплітуди віброзміщень коливань вимогам норм.

2.3. Вібропоглинання (вібродемпфування)

Застосовується для зменшення вібрації кожухів, огорож та інших деталей, які виконані зі сталевих листів. З цією метою на віброуючі поверхні наносять пружнєво'язкі матеріали (гума, пластик, вібропоглинаючі мастики), які мають велике внутрішнє тертя. Послаблення вібрації досягається за рахунок поглинання енергії коливань у пружному матеріалі.

Вібропоглинаючі покриття ефективні за умови, що подовженість поглинаючого шару дорівнює декільком довжинам хвиль коливань вигину.

Вібропоглинаючі покриття наносять у місцях максимальних амплітуд вібрації, які визначають шляхом дослідження віброшвидкості в різних точках конструкції машини.

У залежності від динамічного модуля пружності E_δ вібропоглинаючі покриття поділяють на **жорсткі** ($E_\delta=10^9$ Па) і **м'які** ($E_\delta=10^7$ Па). Жорсткі покриття ефективні для зниження коливань низьких і середніх частот, м'які застосовуються для зменшення інтенсивності високочастотних вібрацій.

Застосування вібропоглинаючих покриттів забезпечує значне зниження рівня виробничого шуму, особливо в області високих частот. Зменшення рівня шуму (дБ), після облицювання металевих віброуючих поверхонь вібропоглинаючим покриттям, може бути приблизно розраховано за формулою

$$\Delta L = 20 \lg \left[\frac{(n_1 - n_2)}{n_2} \right], \quad (4.13)$$

де n_1 – коефіцієнт втрат віброуючої поверхні до нанесення вібропоглинаючого шару;

n_2 – коефіцієнт втрат при наявності вібропоглинаючого шару.

2.4. Динамічні гасники вібрації

Застосовують для зменшення коливань механізмів. Їх робота зводиться до наступного. Віброгасник, що складається з маси m і пружного елемента K^1 , приєднують до механізму масою M і жорсткістю K , коливання якого слід загасити. На масу M діє збурююча сила, яка змінюється за гармонічним закону $F = F_0 \sin \omega t$. Масу m і жорсткість K^1 віброгасника підбирають таким чином, щоб частота власних коливань віброгасника дорівнювала частоті вимушених коливань машини $\omega = \omega_0$. У цьому випадку в кожний момент часу сила F^1 від віброгасника діє проти сили F , що збуджується механізмом. У результаті віброгасник входить у резонансні коливання і коливання механізму масою M зменшується.

Недоліком використання динамічних гасників вібрації є те, що кожний з них зменшує вібрацію тільки на одній визначеній частоті. Тому вони найбільш ефективно можуть використовуватися для зменшення вібрації машин із стабільною частотою коливань (турбогенератори, насоси, силові установки тощо).

3. Експериментальна частина

3.1. Прилади та обладнання

1. Вимірювач шуму і вібрації ВШВ-003 (див. рис.3.1).
2. Лабораторний стенд із змінними віброізоляторами (рис.4.1).
3. П'єзоелектричний вібровимірювальний перетворювач Д-13.

Лабораторний стенд для дослідження загальної вібрації (рис. 4.1) складається з верхньої платформи 1, притискних гвинтів 2, змінних амортизаторів (гумових і пружинних) 3, електродвигуна з неурівноваженим маховиком 4, захисного кожуха 5, вимикача 6, упорів 7, нижньої платформи 8, гумових прокладок 9, вимірювача шуму і вібрації ВШВ-003 (10), попереднього підсилювача 11, інтегратора 12, адаптера 13, сполучного кабелю 14, п'єзоелектричного віброперетворювача Д-13 (15).

Механічні коливання, збуджувані електродвигуном з неурівноваженим маховиком, встановленим на верхній платформі, можуть передаватися на нижню платформу 8, де встановлений п'єзоелектричний віброперетворювач, або жорстко через упори (гвинти 2 притиснуті), або через змінні гумові чи пружинні амортизатори (гвинти 2 відпущені).

Виміряти значення віброшвидкості в октавних смугах частот і коригованого за частотою значення, дБ без віброізоляції (гвинти 2 притиснуті). Потім, по черзі використовуючи гумові і пружинні амортизатори (гвинти 2 відпущені), за формулою 6.4, визначити розмір віброізоляції випробуваних амортизаторів і зробити висновок, який з амортизаторів є більш ефективним. Результати вимірів звести в протокол 1 і оцінити відповідність рівнів віброшвидкості, що генеруються лабораторною установкою, припустимим по ДСН 3.3.6.039-99 значенням.

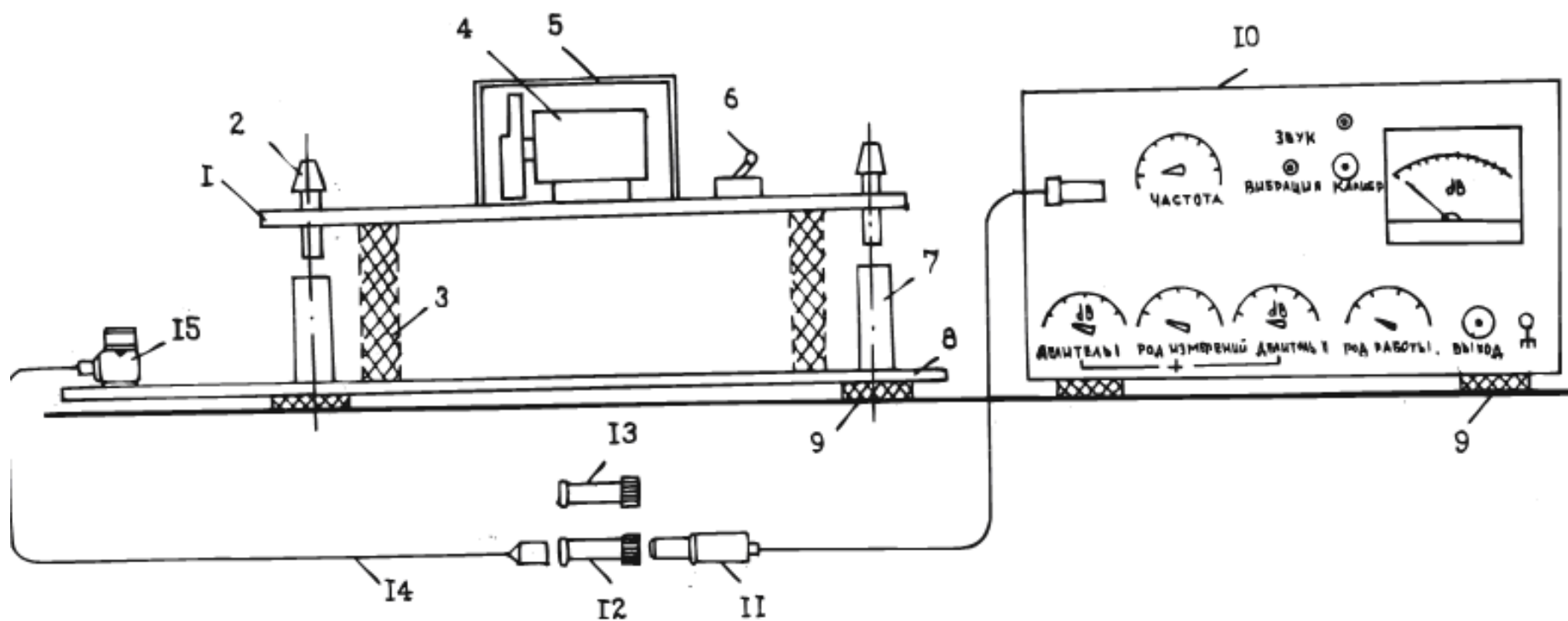


Рис. 4.1. - Лабораторний стенд для дослідження загальної і локальної вібрації

Протокол №1

Умови проведення виміру	Рівні віброшвидкості, дБ в октавних смугах середньо-геометричних частот, Гц			Корегований рівень віброшвидкості L_w , дБ
	16	31,5	63	
Без віброізоляції				
Гумові амортизатори				
Ефективність гумових амортизаторів				
Пружинні амортизатори				
Ефективність пружинних амортизаторів				
Нормативні значення за ДСН 3.3.6.039-99				

3.2. Порядок виконання досліджень

1. Використовуючи лабораторний стенд (рис.4.1), виміряти значення віброшвидкості в октавних смугах частот 16; 31,5; 63 Гц без застосування віброізоляції електродвигуна.

2. Провести ті самі вимірювання, використовуючи по черзі гумові і пружинні амортизатори під платформою.

3. Результати вимірів звести в протокол №1 і оцінити відповідність рівнів віброшвидкості, що генеруються без застосування амортизаторів, і за їхньої наявності, за припустимим нормам [2,3].

4. За заданим викладачем значенням віброшвидкості плити робочого місця V і основною частотою її вібрування f , а також, знайшовши припустиму для цієї частоти віброшвидкість коливань робочого місця V_0 , за нормам [2,3], зробити розрахунок його пасивної віброізоляції, використовуючи формули (5). (10) і (12), згідно з методикою [4, с.80].

4. Контрольні питання

1. Дайте визначення понять „вібрація” і „коливання”.
2. Як поділяють вібрацію за способом передачі людині?

3. На які категорії поділяють загальну вібрацію відповідно до джерела її виникнення?
4. Як здійснюють нормування вібрації?
5. Дайте визначення понять „віброшвидкість” і „віброприскорення”.
6. Як визначаються логарифмічні рівні віброшвидкості і віброприскорення?
7. Назвіть поділення вібрацій за часовими характеристиками.
8. У яких частотних діапазонах нормуються постійні загальна та локальна вібрації?
9. У чому сутність активної і пасивної віброізоляції?
10. Як зветься основний показник якості віброізоляції і що він означає?
11. Напишіть математичну залежність коефіцієнта передачі від частот коливань системи.
12. Призначення амортизаторів та види їхнього виконання.
13. Призначення і сутність вібропоглинаючих фундаментів.
14. Розкрийте сферу застосування і механізм вібродемпфування.
15. Для чого і коли використовуються гасники вібрації?

5. Список літератури

1. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. За ред. Б.М.Коржика -Харків: ХДАМГ, 2002. -105с.
2. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної і локальної вібрації. К.,2000.
3. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Госстандарт,-1990.
4. В.А. Пчелинцев и др. Охрана труда в строительстве.- М.: Высшая школа, - 1991.

Лабораторна робота № 5

Дослідження природного і штучного освітлення

Мета роботи: Ознайомитись з фізичними характеристиками та видами освітлення, методами їх дослідження, оцінки і забезпечення нормативних вимог.

1. Загальні відомості

Під виробничим освітленням розуміють систему пристроїв і заходів, що забезпечують сприятливу роботу зору людини і виключають шкідливий або небезпечний вплив на нього в процесі праці.

Основними кількісними показниками світла є світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість.

Світловий потік визначається потужністю променевої енергії, що оцінюють за здоровим сприйняттям, яке вона викликає, і виражається в люменах (лм). Світловий потік в один люмен випромінює розжарений платиновий випромінювач площею $0,5305 \text{ мм}^2$ у момент затвердіння платини, що відповідає 2042 К , і тиску 101.325 кПа . Кутова щільність світлового потоку Φ характеризується **силою світла**, що випромінюється джерелом, тобто відношенням світлового потоку Φ до тілесного кута ω , у якому він випромінюється

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}. \quad (5.1)$$

Сила світла пов'язана з напрямом, у якому випромінюється світло, і вимірюється в канделах (кд). Сила світла в одну канделу забезпечується світловим потоком в один люмен, який міститься в одиничному куті. За одиничний кут приймається кут в один стерadian, тобто кут, який, маючи вершину в центрі сфери, вирізує на її поверхні ділянку, що дорівнює квадрату радіуса цієї сфери.

Поверхнева щільність світлового потоку F на поверхні S характеризує її **освітленість** E , яка виражається як

$$E = \frac{dF}{dS}. \quad (5.2)$$

Освітленість вимірюється в люксах (лк). Поверхня має освітленість в один люкс, якщо поверхнева щільність світлового потоку дорівнює одному люмену на один квадратний метр.

Яскравість B – відношення сили світла певного напрямку I до проекції світлової поверхні на площину S_1 , яка перпендикулярна тому ж напрямку

$$B = \frac{I}{S_1 \cos \alpha} \cdot \quad (5.3)$$

Яскравість вимірюється у канделах на квадратний метр (кд/м²).

Нормування освітленості здійснюється виходячи із ступеня втомленості ока при виконанні певної роботи [1]. При цьому характеристикою напруженості зорового аналізатора людини є ступінь точності виконання зорових робіт, що в свою чергу, визначається так званим найменшим розміром об'єкта розрізнення, який вимірюється у міліметрах. Об'єктом розрізнення є найменший предмет, окрема його частина або дефект, які необхідно розрізняти під час роботи. Якщо трудовий процес відбувається у виробничому приміщенні, то зорові роботи під-розділяють на 8 розрядів (I-VIII), у залежності від їхньої точності [1, *табл.1.*].

Якщо трудовий процес здійснюється поза будинками, то зорові роботи поділяються на 6 розрядів (IX-XIV) у залежності від відношення мінімального розміру об'єкта розрізнення до відстані від цього об'єкта до очей працюючого [1, *табл.8.*].

Здорове сприйняття предмета залежить від різниці у яскравості об'єкта і фону, на якому розташовано об'єкт (контрасту об'єкта розрізнення з фоном), а також від характеристики яскравості самого фону. У зв'язку з цим кожний з розрядів зорової роботи залежно від характеристики фону і контрасту об'єкта розрізнення з фоном має декілька під розрядів [1, *табл.1.*].

Для створення оптимальних умов праці для органів зору людини в процесі виконання різних операцій необхідно забезпечити наступні основні вимоги:

а) освітленість на робочих місцях повинна відповідати характеру зорової роботи;

б) достатньо рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні; за умови нерівномірної яскравості, бо в процесі роботи око повинно переадаптуватися, що веде до втоми зору;

в) відсутність різких тіней на робочих поверхнях; різки тіні в полі зору людини спотворюють розміри і форми об'єктів розрізнення, що підвищує втоми зору, а тіні, що рухаються, спроможні призвести до травм;

г) відсутність блискучості; блискучість викликає порушення зорових функцій, засліпленість, яка призводить до швидкої втоми і зниження працездатності;

д) постійність освітленості у часі; коливання освітленості викликають переадаптацію ока, призводять до значної втоми;

е) правильна кольоропередача; спектральний склад світла повинен відповідати характеру праці.

2.Визначення типу і системи виробничого освітлення.

Згідно ДНБ В.2.5-28-2006 [1] освітлення поділяють на природне, штучне і суміщене, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

2.1. Природне освітлення.

Воно створюється денним світлом, яке забезпечується світловим потоком від небосхилу. Природне освітлення найбільш сприятливо діє на людину і не потребує витрат енергії. На рівень та якість природного освітлення впливають площа та орієнтація світлових отворів, конструкція вікон і чистота скла, геометричні параметри приміщень та відбиваючі властивості поверхонь, зовнішнє та внутрішнє затемнення світла різними об'єктами.

Оскільки природне освітлення не постійне у часі, його кількісна оцінка здійснюється за відносним показником – коефіцієнтом природної освітленості (КПО) є за формулою:

$$e = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{зов}}} \cdot 100\%, \quad (5.4)$$

де $E_{вн}$ – природна освітленість в певній точці площини в середині приміщення, яка створюється світлом небосхилу, ЛК;

$E_{зов}$ – зовнішня горизонтальна освітленість, що створюється у той самий час повністю відкритим небосхилом.

Природне освітлення поділяють на: **бокове** (одно- або двобічне), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; **верхнє**, що здійснюється через отвори (ліхтарі) у дахах і перекриттях; **комбіноване** - поєднує верхнє та бокове освітлення.

У системах бокового природного освітлення нормується мінімальне значення КПО. Для односторонньої бокової системи у приміщеннях глибиною до 6 м КПО нормується у точці робочої поверхні (або підлоги), розташованій на відстані 1 м від стінки, найбільш віддаленої від світлових прорізів. У системах двобічного освітлення нормується мінімальне значення КПО у точці посередині приміщення на перетині вертикальної площини характерного перерізу приміщення і умовної робочої поверхні.

У системах верхнього або верхнього і бокового (комбінованого) освітлення нормується середнє значення КПО у точках, які розміщені на перетині вертикальної площини характерного перерізу приміщення і умовної робочої поверхні. Перша і остання точки приймаються на відстані 1 м від поверхні стін або перегородок.

Нормоване значення КПО (e_N) для будинків, розташованих у різних районах, слід визначати за формулою

$$e_N = e_n \cdot m_N, \quad (5.5)$$

де e_N – значення КПО [1, *табл.1 і 2.*];

m_N – коефіцієнт світлового клімату [1, *табл.4.*];

N – номер групи забезпеченості природнім світлом [1, *табл.4.*].

Отримані за формулою (5.5) значення слід округлити до десятих долів.

При проектування природного освітлення враховують, що освітленість у середині приміщення залежить від світла, яке створюється небосхилом і безпо-

середньо потрапляє на робочу поверхню, а також світла, яке відбивається від поверхонь всередині приміщення та від прилеглих будівель.

Попередній розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових отворів, що мають забезпечити в приміщенні нормативні значення e_N .

При боковому освітленні розрахунок здійснюють за формулою

$$\frac{100}{\left(\frac{S_{\text{в}}}{S_n}\right)} = \frac{(e_n \cdot k_3 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot k_{\text{бюд}})}{(\tau_0 \cdot r_1)} \quad (5.6)$$

При верхньому освітленні розрахунок здійснюють за формулою

$$\frac{100}{\left(\frac{S_{\text{л}}}{S_n}\right)} = \frac{(e_n \cdot k_3 \cdot \eta_{\text{л}})}{(\tau_0 \cdot r_2 \cdot k_{\text{л}})}, \quad (5.7)$$

де $S_{\text{в}}$, $S_{\text{л}}$, S_n – відповідно площі світлових прорізів, ліхтарів, підлоги у приміщенні;

e_n – нормативне значення КПО;

k_3 – коефіцієнт запасу, враховує зниження світлопропускання світлових прорізів [1, табл.Л.3];

$\eta_{\text{в}}$, $\eta_{\text{л}}$ – світлова характеристика вікон [1, табл.Л.1] і ліхтарів [1, табл.Л.6 і Л.7]

$k_{\text{бюд}}$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, які розташовані напроти [1, табл.Л.2];

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання, визначається як

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (5.8)$$

τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу [1, табл.Л.3];

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконних конструкціях [1, табл.Л.3]

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях [1, табл.Л.3] (при боковому освітленні $\tau_3=1$);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях [1, табл.Л.4];

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній стінці, яка

встановлюється під ліхтарями, приймається $\tau_5=0,9$;

r_1, r_2 – відповідно коефіцієнти, що враховують підвищення КПО при відбитті від поверхонь приміщення у боковому освітленні [1, *табл.Л.5*], при верхньому освітленні [1, *табл.Л.8*];

κ_l – коефіцієнт, який враховує тип ліхтаря [1, *табл.Л.9*].

Розрахунок природного освітлення (визначення КПО) у приміщеннях, які експлуатують, здійснюють також за графіками А.М.Данилюка графоаналітичним методом [1].

2.2. Суміщене освітлення

Суміщене освітлення приміщень виробничих будівель слід передбачати:

- для виробничих приміщень, у яких виконуються роботи I-III розрядів зорової роботи;

- для виробничих та інших приміщень у випадках, коли за умовами технології, організації виробництва або клімату місце будівництва вимагає об'ємно-планувального рішення, яке не дозволяє забезпечити нормативні значення КПО (багатоповерхові будинки великої ширини, одноповерхові багатопрольотні будинки з прольотами великої ширини тощо);

- у відповідності з нормативними документами з будівельного проектування будинків і споруд окремих галузей промисловості.

Суміщене освітлення приміщень житлових, громадських і допоміжних будинків допускається передбачати у випадках, коли це вимагається за умовами вибору раціональних об'ємно-планувальних рішень.

Загальне (незалежно від прийнятої системи освітлення) штучне освітлення приміщень, передбачених для постійного перебування людей, повинно забезпечуватися розрядними джерелами світла [1, *розділ.4*].

Нормативні значення КПО для виробничих приміщень повинні прийматися для суміщеного освітлення [1, *табл.1*].

Розрахункові значення КПО при суміщеному освітленні житлових і громадських будинків повинні складати не менше 60% значень, вказаних [1,табл.2].

2.3. Штучне освітлення

Штучне освітлення передбачається у всіх приміщеннях будівель, а також на відкритих робочих ділянках, місцях проходу людей та руху транспорту у темну пору доби.

Штучне освітлення проектується у вигляді двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване) та комбіноване (до загального додається місцеве).

Загальне освітлення передбачає розміщення світильників у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5м над підлогою).

Місьцеве освітлення забезпечується світильниками, що створюють світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Комбіноване освітлення доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, у процесі роботи, напрямок світла. Використання лише місцевого освітлення у виробничих приміщеннях заборонено.

За функційним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, охоронне і чергове.

Аварійне освітлення поділяється на освітлення безпеки і евакуаційне.

Робоче освітлення створює необхідні умови для трудової діяльності працівників.

Освітлення безпеки слід передбачати у випадках, коли відключення робочого освітлення і пов'язане з цим порушення обслуговування устаткування і механізмів може викликати вибух, пожежу, отруєння людей; тривале порушення технологічного процесу; порушення роботи таких об'єктів, у яких неприпустиме призупинення роботи (електричні станції, насосні установки, вузли радіо-і телепередач тощо); порушення режиму дитячих установ незалежно від чисельності присутніх у них дітей.

Освітлення безпеки повинно створювати на робочих поверхнях у виробничих приміщеннях і на території підприємств, які потребують обслуговування при відключенні робочого освітлення, найменшу освітленість 5% величини робочого освітлення, але не менше 2 лк у середині приміщення і не менше 1 лк – для території підприємств.

Евакуаційне освітлення – у приміщеннях або в місцях виконання робіт поза будинками слід передбачати у місцях, небезпечних для проходу людей; у проходах і на сходах, які використовуються для евакуації людей, при їх чисельності понад 50 чоловік; по основних проходах виробничих приміщень, у яких працює понад 50 чоловік; на сходових клітках житлових будинків заввишки 6 поверхів і більше; у виробничих приміщеннях з постійно працюючими в них людьми, де вихід людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення пов'язаний з небезпекою травмування при продовженні роботи виробничого устаткування; у приміщеннях громадських і допоміжних будинків промислових підприємств, якщо в приміщенні можуть перебувати одночасно понад 100 людей; у виробничих приміщеннях без природного освітлення.

Евакуаційне освітлення повинно забезпечувати мінімальну освітленість підлоги основних проходів (або на землі) і сходів у приміщеннях 0,5 лк, на відкритих територіях – 0,2 лк.

Для евакуаційного освітлення в приміщеннях можуть бути використані світильники освітлення безпеки.

У громадських і допоміжних будинках підприємств виходи з приміщень, де можлива присутність понад 100 людей, а також виходи з виробничих приміщень без природного освітлення, де можлива присутність понад 50 людей або які мають площу понад 150 м², повинні бути відмічені показчиками.

Охоронне освітлення (за відсутності спеціальних технічних засобів охорони) необхідно передбачати вздовж межі території, яка охороняється в нічний час. Освітленість повинна бути не менше 0,5 лк на рівні землі в горизонтальній площині або на рівні 0,5м від землі на одному боці вертикальної площини, яка перпендикулярна лінії межі.

Чергове освітлення передбачається за відсутності основного робочого процесу. Величина освітленості, рівномірність та вимоги до якості чергового освітлення не нормуються.

3. Експериментальна частина

3.1. Прилади та обладнання

Люксметр Ю-116 (рис 5.1), який включає вимірювальний прилад, селеновий фотоелемент типу Ф 55С і насадки К, М, Р, Т, які застосовуються для розширення діапазону приладу при вимірюванні освітленості.

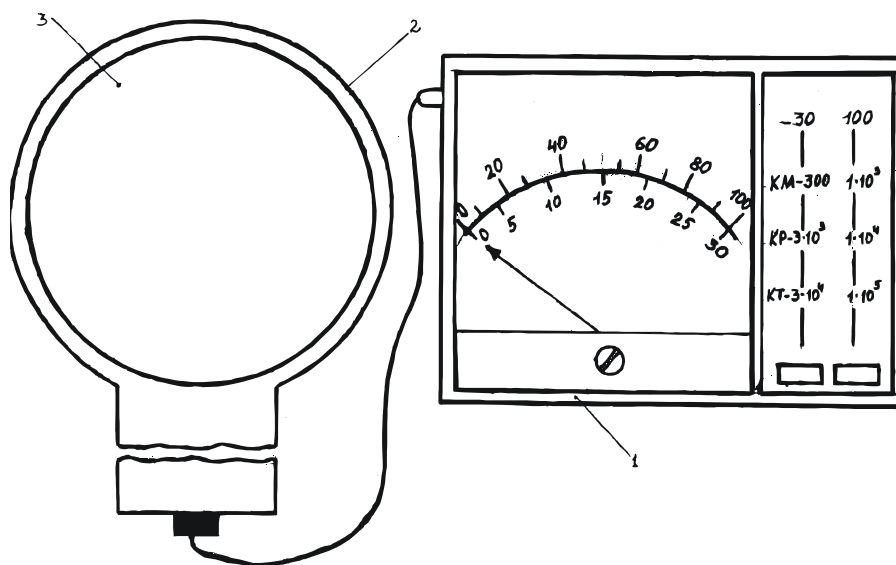


Рис. 5.1 – Люксметр Ю-116

1- вимірювач; 2 - фотоелемент; 3 насадка

3.2. Порядок виконання досліджень

1. Провести вимірювання фактичного КПО в приміщенні лабораторії і порівняти його з нормативним значенням КПО для розряду зорової роботи, що виконується.

2. Виконати розрахунок необхідної площі світлових отворів для забезпечення природного освітлення у приміщенні лабораторії і результати співставити з фактичною площею вікон.

3. Визначити розрахункові значення КПО при суміщеному освітлені приміщення і порівняти з фактичним КПО, виконавши його вимірювання.

4. За результатами досліджень зробити висновки і надати пропозиції щодо забезпечення вимог зорової роботи в приміщенні.

4. Контрольні питання.

1. Дайте визначення виробничого освітлення.
2. Як визначається і оцінюється світловий потік?
3. Що таке сила світла і в чому вона вимірюється?
4. Охарактеризуйте поняття „освітленість”?
5. Розкрийте поняття „яскравість” і одиниці її вимірювання.
6. Як визначається розряд здорової роботи?
7. Що таке найменший розмір об’єкта розрізнення?
8. У залежності від чого визначається підрозряд здорової роботи?
9. Викладіть принцип нормування освітлення.
10. Що таке природне освітлення і його види?
11. Що таке суміщене освітлення і коли воно передбачається?
12. Назвіть системи штучного освітлення і їх виконання.
13. Призначення освітлення безпеки та його норми.
14. Коли передбачається евакуаційне освітлення та його норми?
15. Розкрийте сутність охоронного та чергового освітлення.

5. Список літератури.

1. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. Мінбуд України.-К.: 2006.-76с.
2. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. За ред. Б.М. Коржика. -Харків: ХДАМГ,-2002.-105с.
3. В.А.Пчелинцев и др. Охрана труда в строительстве.-М.:Высшая школа,-1991.

Лабораторна робота № 6

Дослідження природного повітрообміну в виробничих приміщеннях

Мета роботи: Ознайомитись з видами природної вентиляції, її характеристиками, методами дослідження та способами розрахунку параметрів повітрообміну.

1. Загальні відомості

Вентиляція – організований регулюємий повітрообмін, що забезпечує видалення з приміщення забрудненого повітря і подачу на його місце свіжого.

За способом переміщення повітря системи вентиляції поділяють на природні і механічні.

Природна вентиляція – це система вентиляції, переміщення повітря за якої здійснюється завдяки виникаючій різниці тисків усередині і зовні приміщення. Різниця тисків зумовлена різницею щільності зовнішнього та внутрішнього повітря (гравітаційний тиск або тепловий напір ΔP_T , Па) і вітровим напором ΔP_v , Па, що діє на будову [1].

Тепловий напір розраховується за формулою:

$$\Delta P_T = gh(\rho_z - \rho_v), \quad (6.1)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

h – вертикальна відстань між центрами припливного і витяжного отворів, м;

ρ_z і ρ_v – густина відповідно зовнішнього і внутрішнього повітря, кг/м³.

За умови дії повітря на поверхні будинку з навітряної сторони утворюється надлишковий тиск, на повітряній стороні – розрідження.

Вітровий напір розраховується за формулою

$$\Delta P_v = \frac{K_n (V_B^2 \rho_z)}{2}, \quad (6.2)$$

де K_n – коефіцієнт аеродинамічного опору будинку (визначається емпіричним шляхом);

V_B – швидкість вітрового потоку, м/с.

Згідно СНиП 2.04.05-91 [2], при обсязі виробничого приміщення на 1 людину менше 20 м³ за рахунок природної вентиляції повинно подаватися не менше 30 м³/год зовнішнього повітря на кожного працюючого, а при обсязі 20 м³ і більше на 1 людину - не менше 20 м³/год.

Неорганізована природна вентиляція (**інфільтрація**) – здійснюється зміною повітря в приміщеннях через нещільності в елементах будівельних конс-

трукцій завдяки різниці тиску зовні й усередині приміщення. Такий повітрообмін залежить від ряду випадкових факторів (сили і напрямку вітру, різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря, площі, через яку відбувається інфільтрація).

Для постійного повітрообміну необхідна організована природна вентиляція. Вона може бути **витяжна (канальна)** без організованого приливу повітря і **припливно-витяжна** з організованим припливом повітря (канальна і безканальна аерація). Канальна природна витяжна вентиляція без організованого припливу повітря широко застосовується в житлових і адміністративних будинках.

Для збільшення тиску в системах природної вентиляції на верхівку витяжної шахти встановлюють **насадки-дефлектори**, які розташовують у зоні ефективного дії вітру (рис.6.1).

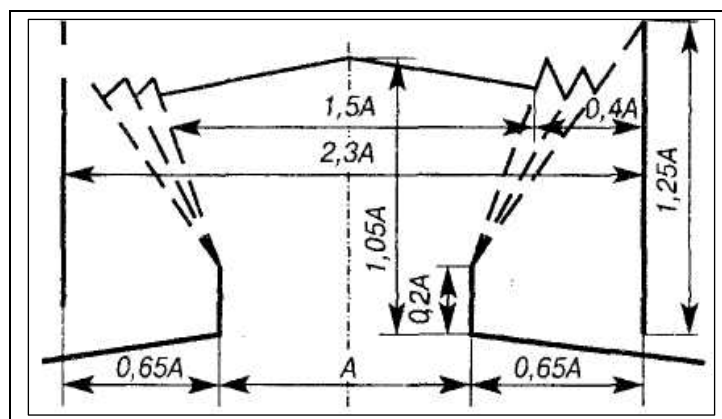


Рис. 6.1 – Дефлектор

Аерацією називається організована природна загальнообмінна вентиляція приміщень в результаті надходження повітря через фрамуги вікон і ліхтарі, що розташовані на покрівлі промислового будинку. При аерації рух повітряних мас здійснюється під дією теплового напору, який обумовлений нагрівом повітря в цехах, і розрідженням, яке створюється за рахунок руху вітру.

Повітрообмін регулюють різним ступенем відкривання фрамуг на різних висотних відмітках від рівня підлоги (у залежності від температури зовнішнього повітря, а також швидкості і напрямку вітру).

Найбільш ефективно застосування аерації в виробничих приміщеннях, які включають технологічні процеси з великими тепловиділеннями. Для того, щоб зовнішнє повітря в холодну пору року не потрапляло безпосередньо до робочої зони, відкривають прорізи, що розташовані не нижче 4,5 м від підлоги. У теплий період року приплив зовнішнього повітря здійснюють через нижній ярус віконних отворів на висоті 1,5-2 м від підлоги. Нагріте повітря видаляється з приміщення крізь аераційні ліхтарі.

Основною перевагою аерації є можливість здійснювати великі повітрообміни без витрат механічної енергії. До недоліку аерації слід віднести те, що в теплий період року її ефективність може істотно знижуватися через зниження перепаду температур зовнішнього і внутрішнього повітря. Крім того повітря, що надходить у приміщення, не очищується і не охолоджується, а повітря, що видаляється, забруднює атмосферу.

Аерацію слід проектувати, якщо вона припустима за умовами ведення технологічного процесу або перебування людей, а також збереження товарів або матеріалів.

2. Дослідження системи природної вентиляції

Практика досліджень природної вентиляції показує [3], що найбільший повітрообмін здійснюється при одночасній дії різниці температури і вітру.

Під час випробувань слід регулярно визначати швидкість і напрям вітру, а також зовнішні метеоумови – температуру і вологість повітря.

Для визначення швидкості вітру використовують чашковий анемометр, показники якого не залежать від напрямку потоків. Його встановлюють на жердині довжиною 3-3,5 м на кінці ліхтаря з навітряною сторони будинку.

Повітрообмін, як правило, встановлюють по об'єму повітря, яке проходить крізь витяжні отвори. Об'єм повітря, який проходить крізь оснащені стулками витяжні прорізи ліхтаря, розраховується за формулою:

$$L = V_{cp} \cdot F, \quad (6.3)$$

де L – об'єм повітря м³/с;

V_{cp} – середня швидкість повітря, м/с;

F – площа відкритого отвору, м^2 .

Конструкції ліхтарів багатьох типів такі, що максимальний кут відкривання стулок (звичайно верхньопідвісних) не перевищує $30\text{--}40^\circ$. У цих випадках висота прорізу дорівнює відстані між площиною нерухомої частини ліхтаря у нижній кромці прорізу і кромкою відкритої стулки.

Виміри швидкості повітря виконують крильчастими анемометрами, які слід встановлювати у відкритій площині ліхтаря на рейках, закріплених у середині відкритих прорізів. Одночасно необхідно виконати перевірочні виміри для того, щоб визначити відношення середньої швидкості в прорізі до швидкості в центральній точці. Перевірочні виміри виконують іншим анемометром, закріпленим на жердині довжиною $1\text{--}1,25$ м. Замір виконується при безперервному переміщенні анемометра по всій площині відкритого прорізу або простору між стулкою і нижньою кромкою конструкції. Отримані дані дозволяють підрахувати перевірочний коефіцієнт за формулою:

$$K_n = \frac{V_{cp}}{V_0}, \quad (6.4)$$

де V_0 – швидкість у середній точці відкритого прорізу, м/с ;

V_{cp} – середня швидкість по всій площині прорізу, м/с .

Загальний час досліджень при стійкому технологічному режимі в цеху, достатньо постійній швидкості і напрямку вітру становить $1,5\text{--}2,0$ години.

Підсумкові результати вимірів анемометрів дають можливість підрахувати середні значення швидкостей в отворах і підрахувати об'єм повітря, що пройшов крізь них.

У прорізах, де встановлюють анемометри, одночасно укріплюють прості психрометри відкритого типу (психрометри Августа). На кожну сторону ліхтаря слід поставити не менше двох психрометрів. Запис температур, який показує сухий і вологий термометри, виконують одночасно із записом вимірів анемометру.

Швидкість руху повітря в отворах, які знаходяться в зоні майже постійної різниці тисків, практично однакова по усій висоті отвору. Тому анемометр,

встановлений в центрі отвору, показує швидкість, практично рівну середній. Знаходження коефіцієнту K_n у цьому випадку не потрібне. Оскільки крізь отвір поступає зовнішнє повітря, що має однакові температуру і вологість навколо всього будинку, можна обмежитись встановленням одного психрометра у будь-якому прорізі, що знаходиться із боку, який захищений від прямих променів сонця.

Після цього складається баланс повітрообміну для того, щоб встановити кількість надходячого (припливного) і видаляемого повітря і порівняти ці величини. При високій точності експериментів різниця в кількостях не перевищує 3-5%, в той же час, в окремих випадках різниця в результатах може досягти 10%.

Кількість надходячого у приміщення і видаляемого з нього повітря розраховують на основі результатів вимірів за формулою:

$$G_n = L\gamma, \quad (6.5)$$

де G_n – кількість повітря, що проходить крізь приміщення, кг/год;

L – об'єм повітря, м³/год;

γ – густина повітря, кг/м³ (приймається в залежності від температури і відносної вологості припливного і видаляемого повітря).

При складанні балансу необхідно враховувати наступні надходження повітря в приміщення:

- зовнішні крізь відкриті прорізи;
- із суміжних приміщень крізь прорізи воріт і дверей;
- від дії установок припливної механічної вентиляції.

Повітря з приміщення в атмосферу може видалятися:

- крізь відкриті фрамуги ліхтаря або прорізи верхньої частини вікон зовнішнього скління;
- крізь відсмоктувачі (витяжні труби, парасольки, шахти, дефлектори) природної вентиляції;
- установками механічної витяжної вентиляції;
- крізь відкриті дверні прорізи і ворота до суміжних приміщень.

На основі балансу повітрообміну може бути складено баланс тепла. При його складанні у гарячому цеху необхідно враховувати тепло, яке поступає в приміщення, і втрати тепла з приміщення.

Для орієнтованого визначення повітрообміну в приміщенні застосовується розрахунок за кратністю повітрообміну. **Кратність повітрообміну** показує, скільки разів на годину замінюється повітря в усьому об'ємі приміщення.

$$K = \frac{L}{V}, \quad (6.6)$$

де K – коефіцієнт кратності повітрообміну, год⁻¹;

L - повітрообмін у приміщенні, м³/год;

V – об'єм приміщення, м³.

При застосуванні аерації для видалення з виробничого приміщення надлишкового тепла, можна забезпечити кратність повітрообміну з $K=40-60$.

3. Експериментальна частина

3.1. Прилади та обладнання

1. Анемометр чашковий (див. рис. 2.3,а).
2. Анемометр крильчастий (див. рис.2.3,б).
3. Психрометр Августа (див. рис 2.1).

3.2. Порядок виконання досліджень

1. Ознайомитися з приладами, які використовуються для досліджень системи природної вентиляції (аерації) [4].

2. На основі заданих викладачем вихідних даних розрахувати потрібний обсяг припливного повітря, при використанні у виробничому приміщенні аерації, який забезпечить видалення надлишкового тепла.

$$L = \frac{Q_{над}}{\rho_{np} C_n (t_{вуд} - t_{np})}, \quad (6.7)$$

де L – обсяг припливного повітря, м³/год;

$Q_{над} = Q_{сум} - Q_T$, ккал/год;

$Q_{над}$ – надлишкові тепловиділення;

$Q_{сум}$ – сумарне надходження тепла у приміщення;

Q_T – кількість тепла, що зменшується за рахунок тепловтрат;

$\rho_{np}=1,2 \text{ кг/м}^3$ – густина припливного повітря;

$C_n=0,24 \text{ ккал/кг}\cdot\text{град}$ – теплоємність сухого повітря;

$t_{вуд}$ і t_{np} – температура повітря, що видаляється, і припливного повітря, $^{\circ}\text{C}$.

3. Для знайденого обсягу потрібного повітрообміну і заданого викладачем об'єму виробничого приміщення, визначити необхідний коефіцієнт кратності повітрообміну.

4. Викласти, як здійснюється аерація виробничого приміщення з аераційними ліхтарями в теплу і холодну пору року.

4. Контрольні питання

1. Дайте визначення терміну „вентиляція”.
2. Що таке природна вентиляція?
3. Як розраховується тепловий напір при природній вентиляції?
4. Вітровий напір і його розрахунок.
5. Як здійснюється інфільтрація?
6. Назвіть норми подачі повітря в залежності від обсягу приміщення на одного працюючого.
7. Що таке аерація?
8. За рахунок чого здійснюється аерація?
9. Назвіть переваги і недоліки аерації?
10. Які прилади застосовуються для досліджень природної вентиляції?
11. Що враховують при складанні балансу повітрообміну?
12. Дайте визначення кратності повітрообміну.

5. Список літератури

1. Основи охорони праці. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського.-К.: Основа,-2003.
2. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.-М.,-1991.

3. Безопасность труда на производстве. Справочное пособие. Под ред. Б.М. Злобинського.-М.: Металлургия,-1976.

4. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. За ред. Б.М. Коржика.-Харків.: ХДАМГ,-2002.

Лабораторна робота № 7

Дослідження механічної вентиляції в виробничих приміщеннях

Мета роботи: Ознайомитись з системами та видами механічної вентиляції та їх призначенням, з методиками та приладами для оцінки ефективності її дії.

1. Загальні відомості

Вентиляція повітря повинна передбачатися для забезпечення встановлених санітарними і технологічними нормами метеорологічних умов і чистоти повітря в приміщеннях будинків і споруд [1].

Вентиляцію з механічними збудниками слід проектувати, коли необхідні метеорологічні умови і чистота повітря в приміщеннях не можуть бути забезпечені природною вентиляцією.

У системах механічної вентиляції рух повітря здійснюється, головним чином, вентиляторами – повітродувними машинами і, у деяких випадках, ежекторами – апаратами для відсмоктування газу або рідини, у яких розрідження створюється за рахунок проходження з високою швидкістю струменю іншого газу або рідини.

Якщо система механічної вентиляції призначена для подачі повітря, то вона називається **припливною**, а якщо вона призначена для видалення повітря – **витяжною**. Коли має місце організація повітрообміну з одночасною подачею і видаленням повітря, така вентиляція називається **припливно-витяжною**.

У окремих випадках для скорочення витрат на нагрівання зовнішнього повітря, що потрапляє до приміщення, застосовують системи вентиляції з част-

ковою **рециркуляцією** (до зовнішнього повітря підмішується повітря, вилучене з приміщення).

За місцем дії вентиляція буває **загальнообмінною і місцевою**. При загальнообмінній вентиляції необхідні параметри повітря підтримують у всьому об'ємі приміщення. Таку систему застосовують, коли шкідливі речовини рівномірно розподіляються по всьому приміщенні.

При фіксованому розташуванні робочих місць забезпечують потрібні параметри повітряного середовища тільки в місцях перебування працюючих (наприклад, душення робочих місць у гарячих цехах). Таку вентиляцію називають **місцевою (локальною)**. Призначенням місцевої вентиляції є уловлювання шкідливих речовин в місцях виділення і запобігання їхньому перемішуванню з повітрям приміщення. З цією метою біля зони утворення шкідливих речовин встановлюють пристрої забору повітря (витяжні шафи, парасольки, бортові всмоктувачі, панелі). Гігієнічне значення локальної вентиляції полягає в тому, що вона запобігає або скорочує проникнення шкідливих виділень до зони дихання працюючих. Економічне її значення в тому, що шкідливості відводяться в більших концентраціях, ніж при загальнообмінній вентиляції, що дозволяє скоротити повітрообмін і витрати на підготовку і очищення повітря.

Механічна вентиляція має ряд переваг порівняно з аерацією. При механічній вентиляції можливо обробляти як повітря, що подають у приміщення, так і те, що видаляють. Повітря, що подається можна очищати, нагрівати (охолоджувати), зволожувати (підсушувати), а повітря, що видаляється – очищувати, або викидати крізь високі димарі для розсіювання. Потрібний повітрообмін при механічній вентиляції не залежить від зовнішніх метеорологічних умов і стабільний в усяку пору року, оскільки об'єм повітря, яке подають або видаляють можна змінювати в бажаному напрямі. Місцева механічна вентиляція може забезпечити відсмоктування або приплив повітря у будь-яких точках теплових або токсичних виділень.

Недоліком механічної вентиляції є значна витрата електричної енергії на її здійснення.

Припливні вентиляційні системи зазвичай складаються з повітроприймального пристрою, за якому повітря поступає у вентиляційну систему; пристроїв, призначених для надання припливному повітрю необхідних якостей; повітропроводів для переміщення повітря до місця призначення; збудників руху повітря (вентиляторів і ежекторів); повітророзподільних пристроїв (патрубків, насадок), які забезпечують подачу повітря у необхідне місце із заданою швидкістю та в потрібній кількості.

Витяжні вентиляційні системи крім повітропроводів, якими повітря, що видаляють транспортує з приміщення до місця викиду, містять різного виду і форми місцеві укриття, що максимально скорочують виділення шкідливостей в робоче приміщення; пристрої для очищення видаляемого повітря в тих випадках, коли воно використовується для рециркуляції або настільки забруднено, що викид його в атмосферу неприпустимий за санітарними вимогами; пристрої для викиду повітря, що видаляється з приміщення в атмосферу.

1.1. Визначення необхідного повітрообміну в приміщенні

Відповідно до санітарних вимог усі виробничі і допоміжні приміщення повинні вентилюватися. Необхідний повітрообмін за одиницю часу в залежності від конкретних умов може бути визначений різними методами [2].

1. За наявності нормативних параметрів мікроклімату в приміщенні і відсутності у повітрі шкідливих речовин, повітрообмін може бути визначений за формулою

$$L = n \cdot l, \quad (7.1)$$

де L – необхідний повітрообмін, $\text{м}^3/\text{год}$;

n – кількість працюючих в приміщенні;

l – мінімальна кількість повітря, що повинна подаватися до приміщення, на одного працюючого, $\text{м}^3/\text{год}$ (у залежності від обсягу приміщення V , який припадає на одного працюючого). При $V < 20 \text{ м}^3$ $l \geq 30 \text{ м}^3/\text{год}$; при $V \geq 20 \text{ м}^3$ $l \geq 20 \text{ м}^3/\text{год}$ за відсутності природної вентиляції $l \geq 60 \text{ м}^3/\text{год}$ незалежно від обсягу приміщення на одного працюючого.

2. При видаленні шкідливих речовин з виробничого приміщення необхідний повітрообмін визначається, виходячи з розбавлення їх до гранично допустимих концентрацій (ГДК).

а) За наявності місцевих відсмоктувачів необхідний повітрообмін розраховується за формулою:

$$L = L_{\text{м}} + \frac{G_{\text{шр}} - L_{\text{м}}(C_{\text{р.з}} - C_{\text{пр}})}{C_{\text{вид}} - C_{\text{пр}}}, \quad (7.2)$$

б) За відсутності місцевих відсмоктувачів розрахунок необхідного повітрообміну виконується за формулою:

$$L = \frac{G_{\text{шр}}}{C_{\text{вид}} - C_{\text{пр}}}, \quad (7.3)$$

де $L_{\text{м}}$ – кількість повітря, що видаляється з робочої зони місцевими відсмоктувачами, м³/год

$G_{\text{шр}}$ – маса шкідливих речовин, що з'являються у приміщенні, мг/год;

$C_{\text{р.з}}$ – концентрація шкідливих речовин у робочій зоні, мг/год

$C_{\text{пр}}$ і $C_{\text{вид}}$ – концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі і повітрі, що видаляється ($C_{\text{пр}} \leq 0,3 C_{\text{гдк}}$; $C_{\text{вид}} \leq C_{\text{гдк}}$).

3. Обсяг свіжого повітря, що подається в приміщення та необхідного для видалення надлишкового тепла і підтримки в приміщенні потрібної температури, визначається по формулі:

$$L = \frac{Q_{\text{над}}}{\rho_{\text{пр}} C_{\text{п}} (t_{\text{вид}} - t_{\text{пр}})}, \quad (7.4)$$

(Визначення параметрів формули надані в лабораторній роботі № 6, (формула (6.7)).

З рівняння (7.4) випливає, що із збільшенням різниці температур ($t_{\text{вид}} - t_{\text{пр}}$) потрібно подавати меншу кількість повітря для видалення надлишкового тепла. Практично, при використанні вентиляційних систем, можливо регулювати тільки температуру припливного повітря $t_{\text{пр}}$. Змінюючи цю температуру, досягають потрібного повітрообміну, при якому забезпечуються вимоги санітарних норм.

2. Методика і прилади для оцінки ефективності вентиляції [3]

При проектуванні вентиляції необхідно дотримуватися ряду вимог:

1. Обсяг припливу повітря $L_{\text{п}}$ у приміщенні повинен відповідати обсягу витяжки $L_{\text{в}}$. Різниця між цими обсягами не може перевищувати 10-15%. Можлива організація повітрообміну, коли обсяг припливного повітря більше обсягу повітря, що видаляється. При цьому в приміщенні створюється надлишковий тиск у порівнянні з атмосферним, що виключає інфільтрацію забрудненого повітря до певного приміщення. Така організація вентиляції здійснюється у виробництвах, що пред'являють підвищені вимоги до чистоти повітряного середовища (виробництво електронного устаткування тощо).

2. При організації повітрообміну необхідно подавати свіже повітря до тих частин приміщення, де концентрація шкідливих речовин мінімальна, а видаляти повітря необхідно з найбільш забруднених зон. Якщо густина шкідливих парів або газів нижче густини повітря, то видалення забрудненого повітря здійснюють з верхньої частини приміщення, а при видаленні шкідливих речовин із більшою густиною – з нижньої зони.

3. Система вентиляції не повинна створювати в приміщенні додаткових шкідливих і небезпечних факторів (переохолодження, перегрів, шум, вібрація, пожежовибухонебезпека тощо).

4. Система вентиляції повинна бути надійною в експлуатації і економічною.

Для оцінки ефективності вентиляції найперше необхідно знати параметри метеорологічних умов у приміщенні і температуру повітря, його відносну вологість і рухливість, інтенсивність тепловипромінювання.

2.1. Вимірювання швидкості руху повітря в повітропроводах.

Якщо з будь-якої причини тиск в одній частині простору P_1 більше, ніж тиск в другій частині простору P_2 , то повітря буде рухатися від простору з більшим тиском до простору з меншим тиском. Цей рух виникає внаслідок наявності різниці тисків $P = P_1 - P_2$. Якщо прийняти швидкість потоку V (м/с), то

$$V = \sqrt{P \frac{2g}{\rho}}; \text{ звідки } P = V^2 \frac{\rho}{2g}, \quad (7.5)$$

де P – швидкісний тиск рідини або газу, що рухаються, Па;

ρ – густина цієї рідини або газу, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Повітря рухається повітропроводом і долає опір цьому руху внаслідок тиску, що створює вентилятор. Тиск вентилятора складається з швидкісного тиску, який витрачається на створення необхідної швидкості руху повітря і статичного тиску, який витрачається на подолання наявних опорів руху (тертя і різних місцевих опорів).

Вимірювання швидкостей в повітропроводах (трубах) виконується за допомогою **пневмометричних трубок** і базується на вимірюванні різниці повного тиску (статичного плюс швидкісного) і статичного. Тобто отримується значення швидкісного тиску ($P_{шв}$). Таким чином, отримавши значення $P_{шв}$, можна розрахувати швидкість у зазначеному перерізі за формулою:

$$V = \sqrt{P_{шв} \frac{2g}{\rho}}. \quad (7.6)$$

Як видно з **рис. 7.1**, потік, що набігає на відкритий лобовий кінець трубки, створює в ньому повний тиск потоку ($P_{пов}$). Круглими отворами на боковій частині лобового кінця трубки вимірюється статичний тиск ($P_{ст}$). На цьому принципі і побудовані пневмометричні трубки для заміру тиску в потоці і перерахування швидкісного тиску в швидкість. Пневмометрична трубка виготовлена шляхом спаювання двох тонких трубок, які зігнуті гачком під прямим кутом. Трубки спаяні по всій довжині. Довжина верхньої частини трубок вибирається відповідно до діаметра повітропроводу.

Повний тиск потоку вимірюється кінцем трубки, що має вигляд півкулі з маленьким отвором. Кінець другої трубки оброблений у вигляді плаского клину і щільно запаяний. На деякій відстані від кінця з боків трубки просвердлено по дві маленькі дірочки з протилежних сторін. За допомогою цієї трубки вимірюється статичний тиск.

При вимірюванні тиску пневмометрична трубка вводиться крізь невеликий отвір у повітропровід і замір виконується з дотриманням наступних вимог:

- 1) довга частина трубки повинна розташовуватися перпендикулярно осі повітропроводу;
- 2) вісь напірної голівки необхідно направляти паралельно потоку повітря;
- 3) напірний кінець трубки повинен бути направлений проти потоку повітря.

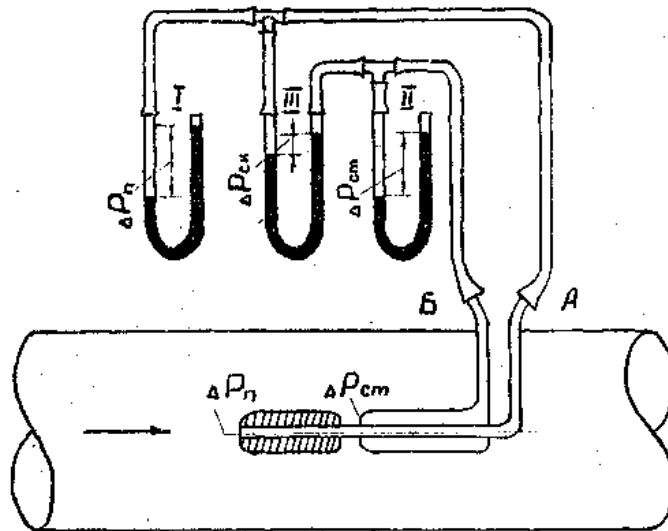


Рис. 7.1 – Схема виміру повного, статичного й швидкісного тисків пневмометричною трубкою

При приєднанні напірного кінця трубки з отвором за допомогою гумового шлангу до одного кінця манометра отримують показання повного (сумарного) тиску. При приєднанні трубки з боковими отворами визначають статичний тиск, а при приєднанні кінців обох трубок за допомогою гумових шлангів до двох кінців манометра – швидкісний тиск як різницю між повним і статичним тиском.

Тиск вимірюють манометрами. Зазвичай використовують водяні U-подібні манометри, які виконують із скляних трубок з внутрішнім діаметром 5-10 мм. Трубка вигинається і заповнюється забарвленою водою. При замірі відлік виконують за положенням менісків в обох трубках. Різниця рівнів стовпчиків між менісками визначає відповідну різницю тисків в кгс/м² або мм вод.ст.

Швидкість повітря в порівняно великих отворах для всмоктування і випускання повітря (робочі отвори хімічних шаф, покриття термічних ванн, фарбувальних кабін, у відкритих вікнах, дверях, воротах тощо) і швидкості вільного повітряного потоку вимірюється анемометрами.

Вимірювати швидкість руху в повітропроводі анемометром не доцільно, тому що для його введення необхідно робити великий отвір у стінці повітропроводу, крізь який створюється підсмоктування повітря. Крім того, великі розміри анемометра викривлюють характер і швидкість вимірюваного потоку в трубі.

2.2. Визначення домішок у повітрі

Відбір проб запиленого повітря у вентиляційному повітропроводі виконується методом зовнішньої фільтрації пиловловлюючим пристроєм (алонжем або патроном з мембранним фільтром), що розміщують поза повітропроводом. Повітря, що досліджують, подають до алонжу за допомогою трубки, яка встроєна в повітропровід відкритим кінцем проти потоку повітря.

Для отримання точних результатів швидкість повітря у вхідному отворі пиловідбірної трубки повинна відповідати швидкості потоку в повітропроводі.

Витрати повітря, що відсмоктують, необхідні для забезпечення рівняння швидкостей повітря у вхідному отворі трубки і в повітропроводі розраховують за формулою:

$$L = 0.047 \, v d^2, \quad (7.7)$$

де 0,047 – постійний коефіцієнт;

v – швидкість потоку повітря в повітропроводі, м/с;

d – діаметр вхідного отвору пиловідбірної трубки (або алонжу), мм.

Необхідно відбирати дві-три проби повітря на кожному перерізі повітропроводу. Для відбору проб слід вибирати переважно вертикальні ділянки в доступних, зручних для розміщення апаратури місцях.

Для відбору проб слід використовувати отвори, які зроблені для аеродинамічних вимірів.

Відбір проб запиленого повітря в повітропроводах виконують шляхом рівномірного переміщення пиловідбірної трубки двома взаємноперпендикулярними напрямками по всьому перерізу повітропроводу.

Кількість просмоктуємого крізь алонж повітря при відборі проб залежить від передбачаємого змісту пилу в досліджуємому повітрі і визначається за наступними параметрами (табл. 7.1).

Залежність відбираємого повітря від концентрації пилу. Таблиця 7.1.

Концентрація пилу, що передбачена, мг/м ³	Менше 5	2-10	10-50	50-150	Більше 150
Обсяг повітря, яке відбирають, л	1000	500	300	200	50-100

Кількість вловленого алонжем пилу визначається як різниця маси алонжа до і після відбору проби. За цією різницею, поділеною на обсяг повітря, що було просмоктане крізь алонж, встановлюють концентрацію пилу у повітрі:

$$C = \frac{G_1 - G}{L_0}, \quad (7.8)$$

де C – вагова (фактична) концентрація пилу, мг/м³;

G_1 – маса алонжу після відбору проби, мг;

G – маса алонжу до відбору проби, мг;

L_0 – обсяг повітря, яке пройшло крізь алонж, м³, приведене до нормальних умов (до температури 20⁰С і тиску 760·133,3 Па)

$$L_0 = \frac{L(273 + 20) \cdot B}{(273 + t) \cdot 760 \cdot 133.3}, \quad (7.9)$$

де L – обсяг повітря, яке пройшло крізь алонж в умовах дослідження, м³;

B – барометричний тиск у місті відбору проби, Па (або мм рт.ст·133,3)

t – температура повітря в місці відбору проби, ⁰С.

Відбір проб і аналіз повітря на вміст ряду часто присутніх шкідливих газів і парів в повітрі виробничих приміщень може бути виконано експресним методом за допомогою **універсального газоаналізатора УГ-2**.

3. Експериментальна частина

3.1. Прилади та обладнання

1. Пневмометрична трубка (рис. 7.1).
2. Водяний U – подібний манометр.
3. Анемометр чашковий (рис.2.3а).
4. Аспіратор М822.
5. Алонж з гумовою трубкою.
6. Аналітичні ваги АД-200.
7. Універсальний газоаналізатор УГ-2 (рис.1.1).

3.2. Порядок виконання досліджень

1. Ознайомитися з приладами, які використовують для досліджень ефективності механічної вентиляції [4].
2. Згідно з викладеною вище методикою провести вимірювання повного і статичного тиску у повітропроводі.
3. Розрахувати швидкість потоку у витяжному повітропроводі (див. формулу 7.6).
4. За заданими викладачем вихідними даними розрахувати необхідний повітрообмін у виробничому приміщенні (за формулою 7.3) для видалення шкідливих речовин.
5. Виходячи з розрахованої швидкості потоку в повітропроводі, визначити його необхідний діаметр для забезпечення видалення шкідливих речовин з приміщення.

4. Контрольні питання

1. Назвіть системи механічної вентиляції.
2. Які принципи дії загальнообмінної і місцевої вентиляції?
3. Переваги та недоліки механічної вентиляції.
4. З яких елементів складаються системи механічної вентиляції?
5. Розрахунок повітрообміну в приміщеннях з нормативним мікрокліматом і відсутністю шкідливих речовин у повітрі.

6. Як розраховують необхідний повітрообмін для видалення з приміщення шкідливих речовин за наявності місцевих відсмоктувачів?
7. Те саме при відсутності місцевих відсмоктувачів?
8. Розрахунок потрібного повітрообміну для видалення з приміщення надлишкового тепла.
9. Які вимоги до проектування механічної вентиляції?
10. Фізична основа переміщення повітря в просторі.
11. Як конструктивно виконують пневмометричну трубку?
12. Методика заміру повного і статичного тиску в повітропроводі.
13. Як розраховують швидкість потоку в повітропроводі?
14. Методика виміру наявності домішок в системі вентиляції.
15. Як розраховують кількість пилу, вловленого в повітропроводі?

5. Список літератури.

1. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. - М.,-1991.
2. Основи охорони праці. За ред. К.Н.Ткачука і М.О.Халімовського.-К.: Основа,- 2003.
3. Безопасность труда на производстве. Справочное пособие. Под ред. Б.М. Злобинского.-М.: Металлургия, - 1976.
4. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. За ред. Б.М.Коржика.-Харків.: ХДАМГ, - 2002.
5. Макаров Г.В. и др. Охрана труда в химической промышленности.-М.: Химия, -1987.

Лабораторна робота № 8

Дослідження ефективності захисного заземлюючого пристрою

Мета роботи: Ознайомитися з призначенням, сутністю та конструкцією захисного заземлення, приладами і методами, які застосовуються для оцінки його ефективності.

1. Загальні відомості

Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 [1] **захисне заземлення** – це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою.

Ефективність захисного заземлення залежить від опору заземлюючого пристрою проходженню струму замикання на землю.

Згідно з ПУЕ [2] захисне **заземлення нормується за** величиною його опору. Найбільший опір заземлюючого пристрою в установках напругою до 1000 В залежить від потужності трансформатора (сумарної потужності джерел споживання електроенергії): при потужності більше 100 кВА опір повинен бути не більше 4 Ом, а при потужності до 100 кВА – не більше 10 Ом. У електроустановках напругою вище 1000 В із силою однофазного струму замикання на землю більше 50 А опір заземлюючих пристроїв у будь-яку пору року не повинен перевищувати 0,5 Ом.

Захисне заземлення застосовується в електроустановках, що живляться від ізолюваної від землі мережі напругою до 1000 В і в електроустановках напругою більше 1000 В незалежно від режиму нейтралі мережі живлення.

Захисному заземленню підлягають:

- електроустановки напругою 380 В і більше змінного струму і 440 В і більше постійного струму незалежно від категорії приміщень (умов) щодо небезпеки електротравм – в усіх випадках;
- електроустановки напругою більше 42 В змінного струму і більше 110 В постійного струму в приміщеннях з підвищеною і особливою небезпекою електротравм, а також електроустановки поза приміщеннями;
- усі електроустановки, що експлуатуються у вибухонебезпечних зонах (з метою попередження вибухів).

Відповідно до зазначеного заземлюють:

- неструмоведучі частини електричних машин, апаратів, трансформаторів;

- каркаси розподільчих щитів, шаф, щитів управління, а також їхні знімні частини і частини, що відкриваються, якщо на них встановлено електрообладнання напругою більше 42 В змінного і більше 110 В постійного струму;

- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні коробки та інші кабельні конструкції, металеві кабельні муфти, металеві гнучкі рукави і труби електропроводки, електричні світильники;

- металоконструкції виробничого обладнання, на якому є споживачі електроенергії;

- опори повітряних ліній електропередач тощо.

Захисна дія заземлення полягає в зменшенні до безпечної величини струму, який проходить крізь тіло людини при дотику його з корпусом устаткування, яке опинилося під напругою. Це досягається зменшенням потенціалу заземленого устаткування при однофазному замиканні на корпус, а також вирівнюванням різниці потенціалів між основою, на який стоїть людина, і корпусом заземленого устаткування.

При аналізі небезпеки включення людини до електричної мережі опір її тіла приймається рівним 1000 Ом. За наявності захисного заземлення струм замикання на землю розподіляється між опором захисного заземлення і опором тіла людини обернено пропорційно цим опорам. Унаслідок цього крізь тіло людини протікає безпечна частина цього струму.

Конструктивно захисне заземлення включає заземлюючий пристрій і провідник, що з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється, – заземлюючий провідник.

Для заземлюючих провідників використовують неізольовані мідні провідники поперечним перерізом не менше 4 мм² або сталеві струмопроводи діаметром 5-10 мм. Заземлюючі провідники між собою і з заземлюючим пристроєм з'єднуються зварюванням, а з обладнанням, що заземлюється – зварюванням або за допомогою гвинтового з'єднання із застосуванням антикорозійних заходів. У виробничих приміщеннях заземлюючі провідники прокладають відкрито,

а обладнання приєднується до магістралі заземлення шляхом паралельних приєднань.

Заземлюючі пристрої можуть бути **природними і штучними**. Як природні заземлюючі пристрої використовують прокладені в землі трубопроводи (крім трубопроводів із вибухопожежонебезпечними рідинами та газами), оболонки кабелів, арматуру будівельних конструкцій, що має контакт з землею, тощо. Штучні заземлюючі пристрої – це спеціально закладені в землю метало-конструкції, призначені для захисного заземлення. Штучними заземлювачами можуть бути металеві вертикально закладені в ґрунті електроди (стрижні, труби, кутова сталь тощо), з'єднані між собою за допомогою зварювання з'єднувальною смугою.

Закладені в ґрунт вертикальні електроди, з'єднані металевою смугою в загальну мережу, використовуються, переважно, для цехових заземлюючих пристроїв, при значній кількості електроустановок. У цьому випадку заземлюючий пристрій виконується у вигляді контурного або виносного.

При виборі типу заземлюючого пристрою (природний, штучний) і його конструктивних параметрів (розміри електродів, їхня кількість, взаємне розміщення тощо) необхідно дотримуватися вимог

$$R_{zn} \leq R_n, \quad (8.1)$$

де R_{zn} і R_n – відповідно фактичний і нормативний опір заземлюючого пристрою, Ом.

На кожний діючий заземлюючий пристрій повинен бути паспорт, у якому наводять його схему, дані стосовно результатів перевірок стану заземлюючого пристрою, проведення ремонтних робіт і конструктивних змін. Контроль відповідності електричного опору заземлюючих пристроїв нормативним вимогам обов'язково проводять перед вводом їх в експлуатацію та щорічно [3].

2. Вимірювання опору заземлюючих пристроїв [4]

Вимірювання виконується з метою порівняння фактичного значення опору заземлюючого пристрою з нормативним. При цьому, оскільки під заземлю-

ючим пристроєм розуміється сукупність заземлювача і заземлюючих провідників, правила нормують їх загальний опір.

На практиці нерідко буває важко заміряти цей загальний опір у зв'язку з великою протяжністю заземлюючих провідників. У таких випадках вимірювання виконують частками – окремо вимірюють опір заземлювача розтіканню струму і опір заземлюючих провідників. При цьому опір заземлюючих провідників також можливо вимірювати частками – по окремим послідовним ділянкам.

2.1. Вимірювання опору заземлювача методом амперметру-вольтметра.

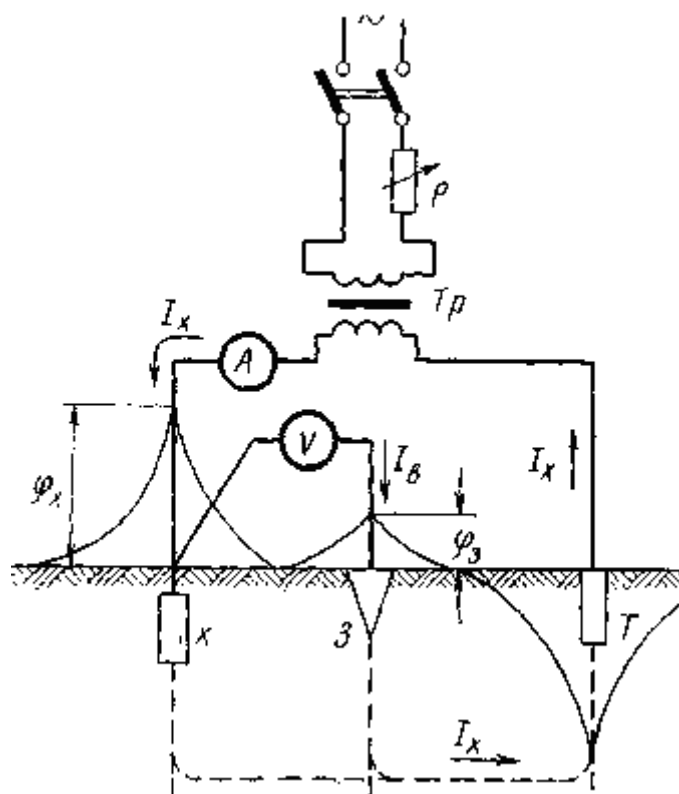
Метод є найбільш розповсюджений, оскільки він простий, дає точні результати, в тому числі при вимірюванні малих опорів (до 1 Ом).

Сутність методу в тому, що з допомогою амперметра вимірюється струм I_x , який проходить крізь досліджуємих заземлювач, а з допомогою вольтметра – потенціал заземлювача φ_x . Як наслідок, опір заземлювача розтіканню струму можна розрахувати за формулою:

$$R_x = \frac{\varphi_x}{I_x}. \quad (8.2)$$

На рис. 8.1 наведено схему виміру опору заземлювача (х) цим методом. Із схеми випливає, що для виміру потрібні два допоміжних електрода: струмовий (Т) – для створення ланцюга струму I_x і електрод-зонд (З) – для підключення одного з проводів вольтметра до точки землі з нульовим потенціалом. Ці електроди виконують звичайно з сталевих стрижнів діаметром 12-16 мм і довжиною 0,8-1 м із загостреним кінцем.

У якості джерела струму застосовують понижуючий трансформатор. Живлення безпосередньо від мережі неприпустиме, тому що будь-який зв'язок мережі із землею (заземлена нейтраль, погана ізоляція мережі тощо), суттєво викривлює результати замірів. З цієї ж причини неможливо застосувати і автотрансформатори.



8.1 – Принципова схема виміру опору заземлювача розтіканню струму методом амперметра - вольтметра:

X – заземлювач, опір розтіканню струму якого вимірюється; $З$ – допоміжний електрод – зонд; T – допоміжний струмовий електрод; Tr – трансформатор; P – реостат

Для того, щоб забезпечити похибку не більше 2%, необхідно застосувати вольтметр із опором, який перевищує R_3 , що найменше у 50 разів.

2.2. Вимірювання опору заземлювача приладом типу МС-08

Схему приладу наведено на рис. 8.2. У ньому використано логометр магнітоелектричної системи, одна рамка якого підключена до кола струму I_x послідовно з джерелом живлення – генератором постійного струму (Γ), досліджуємим заземлювачем (X) і допоміжним струмовим електродом (T), а друга (потенціальна) разом з послідовно з'єднаним додатковим резистором (r_d) підключається до досліджуваного заземлювача (X) і електрода – зонду ($З$). У наслідок ланцюг другої рамки знаходиться під напругою, рівною падінню напруги на вимірюваному опорі заземлювача, а струм у цій рамці дорівнює

$$I_{\theta} = I_x \frac{R_x}{r_b + r_d + R_3}, \quad (8.3)$$

де R_x – опір заземлювача, що вимірюється, Ом;
 r_b – опір потенціальної рамки логометра, Ом;
 r_∂ – опір додаткового резистору, Ом;
 R_3 – опір зонду струму, що розтікається, Ом.

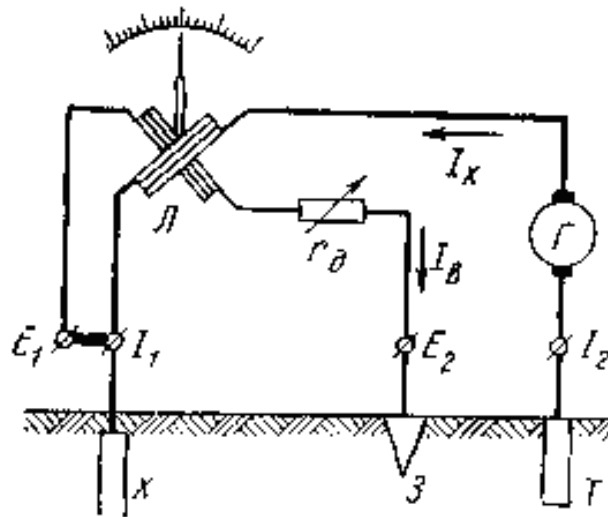


Рис.8.2 – Принципова схема приладу типу МС-08 для виміру опору заземлень:

G – генератор постійного струму з ручним приводом; L – рамки логометра;
 r_∂ – додатковий резистор; I_1, I_2 – струмові затискачі; E_1, E_2 – затискачі напруги;
 X – заземлювач, опір якого вимірюється; Z – допоміжний електрод – зонд;
 T – допоміжний струмовий електрод

Таким чином, струм I_b пропорційний падінню напруги на досліджуємому заземлювачеві, і показання логометра пропорційні відношенню струмів у його рамках або відношенню $\frac{\varphi_x}{I_x}$, тобто визначеному опору заземлювача R_x .

2.3. Вимірювання опору заземлювача вимірювачем типу М-1103

У приладі використовується компенсаційний метод вимірювання. Він має джерело живлення перемінного струму, трансформатор струму, вторинна обмотка якого замкнена на резистор і вимірювальний механізм магнітоелектричної системи, який поєднаний механічним випрямлячем із затискачами вторинної обмотки ізолюючого трансформатора.

При вимірюванні опору заземлення прилад з'єднують із заземлювачем X допоміжним струмовим електродом T і електродом-зондом Z .

При повороті рукоятки приладу струм I_1 від джерела живлення проходить по первинній обмотці трансформатора струму, досліджуємому заземлювачу, землі і допоміжному струмовому електроду.

Значення опору заземлення визначають безпосередньо за шкалою приладу.

2.4. Вимірювання опору заземлюючої проводки приладом типу МС-08

Вимірювач заземлення може виконувати виміри опору як при малій довжині заземлюючої проводки, так і при великій її довжині (рис.8.3).

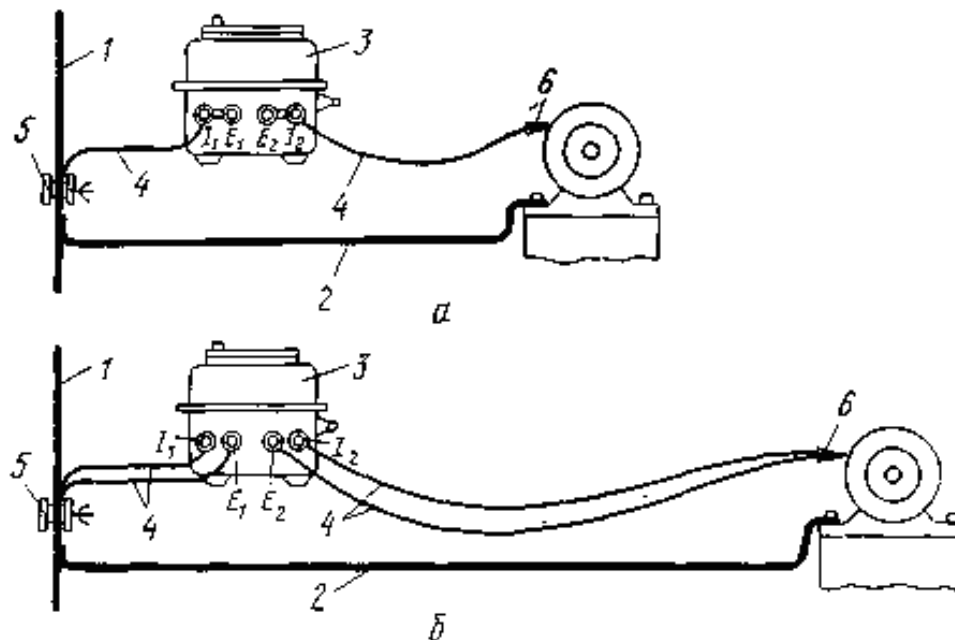


Рис. 8.3 – Схеми виміру опору заземлюючої проводки вимірником типу МС-08:
 а – при малій довжині заземлюючого провідника, опір якого виміряють (опір вимірювальних проводів входить до вимірюваної величини);
 б – при великій довжині заземлюючого провідника (опір вимірювальних проводів не входить до вимірюваної величини);
 1 – магістраль заземлення; 2 – заземлюючий провідник; 3 – вимірник типу МС-08; 4 – сполучні провідники; 5 – струбцина; 6 – щуп

У першому випадку вимірювання може проводитися за схемою (рис.8.3а), коли опір з'єднувальних провідників входить до вимірювальної величини. При цьому переріз з'єднувальних провідників повинен бути не менше 4 мм^2 , і прилад повинен встановлюватися найближче до магістралі заземлення.

У другому випадку з'єднувачі між затискувачами I_1 , E_1 і I_2 , E_2 (рис.8.3б) знімають і прилад, встановлений поблизу магістралі заземлення, приєднують до неї короткими провідниками, які підключені до затискувачів I_1 і E_1 . Два інші затискувача I_2 і E_2 поєднують з кінцем заземлюючого дроту двома подовжніми провідниками перерізом 1-1,5 мм².

У обох випадках потрібно заздалегідь компенсувати опір з'єднувальних провідників. Для цього після закріплення на магістралі струбцини (на місці, яке зачищене від фарби та іржі) поблизу її притискують щуп, закріплений на кінцях подовжніх провідників, і виконують регулювання приладу компенсаційним опором.

3. Експериментальна частина

3.1. Прилади та обладнання

1. Прилад типу МС-08.
2. Прилад типу М-1103.
3. Лабораторний стенд для виміру опору заземлюючого пристрою.

Стенд моделює захисний заземлюючий пристрій для електродвигуна. Конструктивно він виконаний з чотирьох розташованих у ряд вертикальних електродів (сталеві труби Ø 50 мм і довжиною 2,5 м), заглиблених у ґрунті і з'єднаних між собою за допомогою зварювання металевією смугою, перерізом 4×40 мм. Відстань між електродами – 3,0 м.

Корпус електродвигуна з'єднаний із заземлюючим пристроєм багатожильним мідним проводом.

Для виміру електричного опору захисного заземлення в цій роботі застосовують прилад МС-08. При його застосуванні необхідні два допоміжні заземлювача – потенційний (R_n)-зонд і струмовий (R_r), які розташовані від досліджуваного заземлюючого пристрою на відстанях **зазначених на рис.8.4.**

Довжина допоміжних заземлювачів стандартна $R_n = R_r = 1$ м.

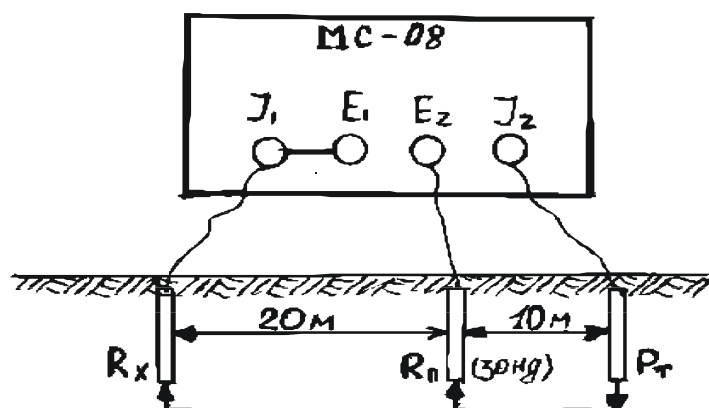


Рис 8.4 – Спрощена схема вимірювання опору захисного заземлення за допомогою приладу МС-08

Для виміру опору захисного заземлення приладом МС-08, на нього треба подавати електричний струм. Джерелом струму в приладі є вмонтований генератор постійного струму. Він приводиться в дію обертанням рукоятки, що знаходиться збоку корпусу.

Перед початком вимірювань необхідно перевірити цілісність усіх проводів і якість зовнішніх з'єднань у схемі.

Після складання і перевірки схеми виконують компенсацію зовнішніх опорів потенційного електрода. Для цього перемикач діапазонів вимірів встановлюють у положення „регулювання” і, повертаючи ручку генератора із швидкістю 120 об/хв, за допомогою регулювального реостата встановлюють стрілку шкали вимірів на червоній позначці (поділка 600).

Обертання ручки генератора слід починати повільно з постійно наростаючою швидкістю.

Після компенсації зовнішніх опорів потенційного електрода перемикач діапазонів виміру ставлять у положення (Вимір $\times 1$) – шкала 1000 Ом. Якщо при обертанні ручки генератора зі швидкістю 120 об/хв, стрілка незначно відхиляється від нульової позначки, потрібно перейти на діапазон (Вимір $\times 0,1$) – шкала 100 Ом (дані шкали перемножують на 0,1). Якщо і на шкалі 100 Ом відхи-

лення стрілки незначне, переходять на діапазон (Вимір $\times 0,01$) – шкала 10 Ом (дані перемножують на 0,01).

3.2. Порядок виконання досліджень

1. Ознайомитися з лабораторним стендом для виміру опору розтіканню струму захисного заземлюючого пристрою [5].

2. Дати стислий опис існуючих методів вимірювання опору заземлюючих пристроїв і ознайомитися з устроєм та дією приладу МС-08.

3. Під керівництвом викладача зібрати схему для виміру опору розтіканню струму захисного заземлюючого пристрою.

4. Виконати виміри опору заземлюючого пристрою. Результати порівняти з нормативною величиною згідно ПУЕ[2]. При цьому прийняти, що генератор живиться напругою до 1000 В, а його сумарна потужність менше 100кВА.

4. Контрольні питання

1. Дайте визначення захисного заземлення.
2. Назвіть норми електричного опору захисного заземлення.
3. Які електроустановки підлягають заземленню?
4. Сутність дії захисного заземлення.
5. Які елементи електроустановок заземлюються?
6. Конструктивні елементи захисного заземлюючого пристрою.
7. Назвіть існуючі методи вимірювання опору заземлюючих пристроїв.
8. Сутність методу амперметра-вольтметра.
9. Як вимірюють опір заземлюючого пристрою приладом МС-08?
10. На чому заснований метод вимірювання приладом М-1103?
11. Як вимірюють опір заземлюючої проводки?

5. Список літератури

1. ГОСТ 12.1.009-76. Электробезопасность. Термины и определения.
2. Правила устройства электроустановок.- М.: Энергия,-1986.
3. Основи охорони праці. За ред. К.Н.Ткачука і М.О. Халімовського.-К.: Основа,-2003.

4. Безопасность труда на производстве. Справочное пособие. Под ред. Б.М. Злобинского.-М.: Металлургия,-1976.

5. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. За ред. Б.М. Коржика.-Харків.: ХДАМГ, - 2002.

Лабораторна робота № 9

Дослідження електричного поля при замиканні на землю і його впливу на людину

Мета роботи: Розглянути землю як елемент електричної мережі, ознайомитись із сутністю „крокової напруги”, впливом струму на організм людини, експериментально дослідити ефект цього впливу.

1. Загальні відомості

1.1. Земля як елемент електричної мережі

При обриві проводів ЛЕП і їх контакт з землею, пробой кабельних мереж на землю, замиканні на неструмовідні елементи електроустановок, що мають контакт з землею, доторканні людини до струмовідних частин під напругою тощо земля стає елементом електричної мережі замикання на землю.

При стіканні струму в землю потенціал заземленої електроустановки ϕ знижується до значення, що дорівнює добутку струму, стікаючого на землю I_3 на опір R_3 , який цій струм зустрічає на своєму шляху

$$\phi = I_3 \cdot R_3 \quad (9.1)$$

Це явище використовують як засіб захисту від ураження електричним струмом людей при випадковій появі напруги на металевих частинах верстатів або обладнання.

Разом із зниженням потенціалу на заземленому обладнанні (при стіканні струму в землю) виникає і небезпечний фактор – поява потенціального поля на поверхні землі навколо заземлювача. Це обумовлює небезпеку ураження людини електричним струмом у зв'язку з дією на нього так званої „напруги кроку” у зоні дії потенціального поля.

Земля є специфічним провідником електричного струму - неоднорідним і нелінійним зі змінною площею поперечного перерізу. Тому при проходженні струму по землі на її поверхні виникає специфічне поле потенціалів, характер якого визначається конструкцією заземлювача, властивостями ґрунту, силою струму тощо.

Характер розподілу потенціалів на поверхні землі можна оцінити, розглянувши випадок стікання струму I_3 у землю через найпростіший заземлювач – напівкулю радіусом r (рис.9.1).

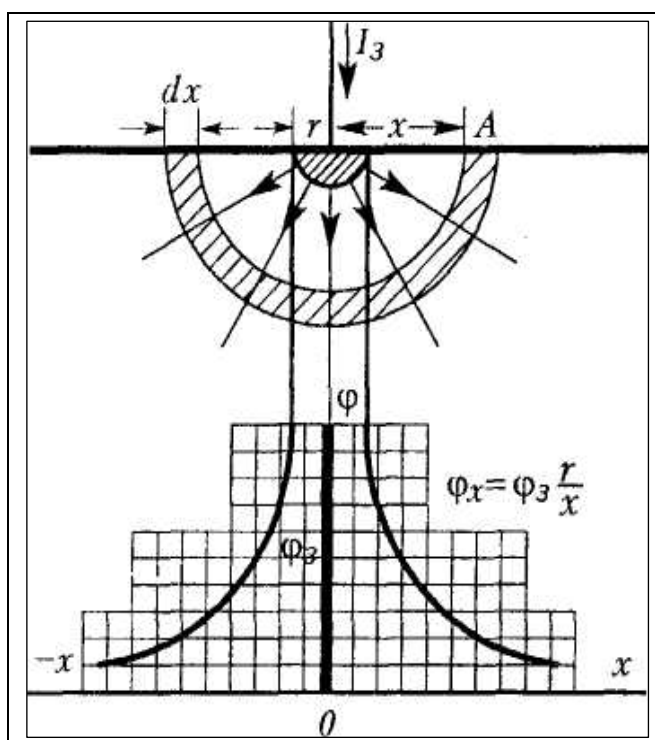


Рис. 9.2 – Розподіл потенціалів на поверхні землі навколо напівсферичного заземлювача

Для такого заземлювача за умови однорідності і електричної ізотропності ґрунту можна вважати, що струм в усіх напрямках буде розтікатися рівномірно та буде дорівнюватиме I_3 . Виділимо на відстані X від центру заземлювача елемент напівсферичної форми, товщина якого dx . Падіння напруги на цьому елементі dU при проходженні струму I_3 визначають за формулою

$$dU = I_3 \cdot \rho \frac{dx}{2\pi x^2}, \quad (9.2)$$

тобто dU дорівнюватиме добутку струму на опір,

де ρ – питомий опір землі, Ом·м;

dx – товщина виділеного шару землі або довжина провідника, м;

$2\pi x^2$ – площа поперечного перерізу провідника, м².

Потенціал φ_x у точці А (див. рис.9.1) на поверхні землі відносно нульового потенціалу землі або падіння напруги на поверхні землі від точки А до нескінченності визначається як

$$\varphi_x = \int_x^{\infty} dU = I_3 \frac{\rho}{2\pi} \int_x^{\infty} \frac{dx}{x^2} = I_3 \frac{\rho}{2\pi x}, \quad (9.3)$$

звідки потенціал на поверхні заземлювача φ_3 дорівнює

$$\varphi_3 = I_3 \frac{\rho}{2\pi r}, \quad (9.4)$$

де r – радіус заземлювача,

Розділивши φ_x на φ_3 , отримаємо:

$$\varphi_x = \varphi_3 \cdot r \frac{1}{x}, \quad (9.5)$$

Добуток $\varphi_3 \cdot r$ є величиною сталою для конкретних умов. Позначивши його через K , отримаємо вираз

$$\varphi_x = K \frac{1}{x}, \quad (9.6)$$

тобто рівняння гіперболи. Таким чином, розподіл потенціалів на поверхні землі навколо напівсферичного заземлювача відповідає закону гіперболи, а значення потенціалів зменшується від свого максимального значення φ_3 до нуля при віддаленні від заземлювача [1].

Практично зона підвищених потенціалів на поверхні землі відносно її нульового потенціалу при замиканні на землю через напівсферичний заземлювач і за умови однорідності ґрунта обмежується колом радіусом близько 20 м. Перемищуючись у цій зоні, людина потряпляє під так звану „**напругу кроку**” – напругу між двома точками на поверхні землі, які знаходяться одна від одної на відстані кроку і на яких одночасно стоїть людина.

З наближенням до заземлювача величина крокової напруги зростає і при напрузі мережі живлення 0,4 кВ вона може бути небезпечною для людини. Тому „Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів” [2] при на-

явності замикання на землю забороняють наближатися до місця замикання ближче 8 м поза приміщенням і 4 м у приміщенні без застосування засобів захисту - діелектричних бот, калош, сухої дошки тощо.

У загальному вигляді величина напруги кроку U_k може бути визначена як різниця між φ_x та φ_{x+a} , де a – величина кроку, м; відносно до чого

$$U_k = I \frac{\rho}{2\pi x} - I \frac{\rho}{2\pi(x+a)} = I \frac{\rho \cdot a}{2\pi x(x+a)}, \quad (9.7)$$

тобто величина напруги кроку прямо пропорційна силі струму замикання на землю, питомому опору провідника (земля) та величині кроку і обернено пропорційна відстані від заземлювача.

Форма зони підвищених потенціалів на поверхні землі і розподіл потенціалів у цій зоні залежать від конструкції заземлювача. Так, при контурній конструкції заземлювача забезпечується зменшення перепадів потенціалу на поверхні землі (підлоги) всередині контуру і, як наслідок, зменшення можливої напруги кроку. І тільки за межами контуру характер кривої розподілу потенціалів подібний до кривої розподілу потенціалів для одиночного напівсферичного заземлювача.

1.2. Вплив електричного струму на організм людини.

Характер і наслідки ураження людини електричним струмом залежать від роду і величини струму і величини напруги, частоти електричного струму, шляху струму крізь людину, часу дії струму, чинника раптовості дії, електричного опору тіла людини, стану виробничого середовища, індивідуальних особливостей людини і стану організму.

Встановлено, що основними факторами, що обумовлюють ураження електричним струмом, є сила і час впливу струму, який протікає крізь тіло людини.

За фізіологічною реакцією організму людини **розрізняють струми** порогові, відпускаючі, утримуючі і такі, що викликають параліч органів дихання і серця.

Людина починає відчувати проходження струму частотою 50 Гц при силі 0,6-1,5 mA. При струмі 10-15 mA виникають судоми м'язів рук, при яких людина не може їх розтиснути. Величину такого струму називають **пороговим невідпускаючим**. При проходженні струму 25-50 mA виникають спазми м'язів грудинної клітини, що викликає порушення або припинення дихання. Струм силою 50 mA і більше викликає фібриляцію або зупинку серця. Такий струм вважається **смертельним**.

Гранично допустимий струм через людину при неаварійному режимі електроустановки при його тривалій дії (більше 3 с) не повинен перевищувати 0,3 mA для перемінного струму і 1 mA для постійного .

Величина напруги впливає на тяжкість ураження електричним струмом у тій мірі, що із збільшенням прикладеної до тіла напруги зменшується опір тіла людини.

Гранично допустима напруга для людини при нормальному режимі роботи електроустановки не повинна перевищувати 2-3 В для перемінного струму і 8 В для постійного.

Електричний опір тіла людини. Тіло людини можна уявити як єдину складну електропровідну систему, що складається із шкіри, м'язових і нервових тканин. Величина опору людини звичайно складається з опору внутрішніх тканин і зовнішнього опору шкіри. Опір внутрішніх тканин (органів) змінюється у невеликих межах (від 0,5 до 1,0 кОм).

Основний опір струму чинить шкіра. Її опір залежить від стану (наявність ушкоджень рогового шару, вологості на поверхні, забрудненні), щільності і площі електроконтактів, величини прикладеної напруги, струму і часу його дії, місця прикладення струму тощо). При сухій непошкодженій шкірі опір тіла може перевищувати 100 кОм, а при всіляких ушкодженнях, забрудненнях і порушеннях опір шкіри може складати біля 1 кОм.

Враховуючи багатофункціональну залежність опору тіла людини від великої кількості чинників, при оцінці умов небезпеки ураження людини елект-

ричним струмом опір тіла людини вважають стабільним, лінійним, активним і рівним 1000 Ом.

При оцінці небезпеки ураження струмом **величина опору тіла людини і прикладена напруга враховуються лише в тоді, коли вони змінюють силу струму, що проходить через тіло.**

Частота і род струму. Через наявність в опорі людини ємнісної складової, збільшення частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла людини і, як наслідок, збільшенням струму, що проходить через людину.

Щодо роду струму, то до напруги 400-600 В перемінний струм є більш небезпечним, бо викликає інтенсивні подразнення в тканин організму за рахунок пульсації напруги. При більшій напрузі постійний струм більш небезпечний за рахунок теплової дії.

Шлях струму через тіло людини суттєво впливає на тяжкість ураження. Особливо небезпечно, коли струм проходить через життєво важливі органи і безпосередньо на них впливає. Серед випадків з тяжкими і смертельними наслідками частіше спостерігаються шляхи „рука-рука” (40%), „права рука-ноги” (20%), „ліва рука-ноги” (17%). Особливо небезпечні шляхи струму „голова-руки” і „голова-ноги”, але трапляються вони рідко.

Час дії струму. Із збільшенням часу дії струму зменшується опір тіла людини за рахунок зменшення ємнісної складової опору шкіри, зволоження від поту, електролітичних процесів у тканинах тощо, що, в цілому, призводить до більш тяжких уражень.

Як показує практика, врятування людини можливе, якщо **час**, протягом якого людина знаходиться під дією електричного струму, **не перевищує 4-5 хвилин.**

Індивідуальні особливості і стан організму. На тяжкість ураження електричним струмом, за наявності інших рівних чинників, впливають чутливість організму до дії струму, психічні особливості та риси характеру людини.

Крім цього ступінь ураження електричним струмом значною мірою залежить від стану організму. До більш тяжких уражень призводять збуджений стан нервової системи, депресії, серцево-судинні захворювання, різного характеру запалення, захворювання легенів тощо. Більш тяжкі наслідки уражень спостерігаються в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

Чинник раптової дії струму. Його дія на тяжкість ураження обумовлюється неналаштованістю захисних функцій організму на небезпеку. Відомо, що у людини, яка усвідомлює загрозу можливості потрапити під напругу, при реалізації цієї загрози значення порогових струмів на 30-50% вищі і навпаки.

Чинниками виробничого середовища, які виливають на небезпеку ураження людини електричним струмом, є підвищена температура в приміщенні, вологість і запиленість повітря, наявність у повітрі хімічно активних речовин тощо. Всі ці фактори призводять до зниження опору тіла або ізоляції електроустановок на ділянці включення людини в електричну мережу і, таким чином, підвищують небезпеку ураження електричним струмом.

Вплив електричного струму на організм людини можна звести до двох видів ураження: електричні травми і електричні удари.

Електрична травма – це ушкодження тканин організму під дією протікаючого через них електричного струму, яке реалізується у вигляді електричного опіку, металізації шкіри, електричних знаків, механічних пошкоджень.

Електричний удар викликає збудження живих тканин організму під дією електричного струму і супроводжується несвідомим скороченням м'язів.

2. Експериментальна частина

2.1. Прилади та обладнання

Лабораторний стенд (рис.9.2), що моделює захисний заземлюючий пристрій для електродвигуна 1, складається з чотирьох вертикальних електродів у вигляді сталевих труб діаметром 50 мм і довжиною 2,5 м. Електроди розташовані в ряд, заглиблені в ґрунт і з'єднані між собою за допомогою зварювання металевою смугою перерізом 4x40 мм. Відстань між електродами 3 м.

Корпус електродвигуна з'єднаний із захисним заземлювачем багатожильним мідним проводом.

Допоміжні електроди R_n і R_T заглиблені в ґрунт на глибину 1 м на відстані від захисного заземлювача R_x відповідно 20 м і 30 м. Вони з'єднані з клемми на стенді [3].

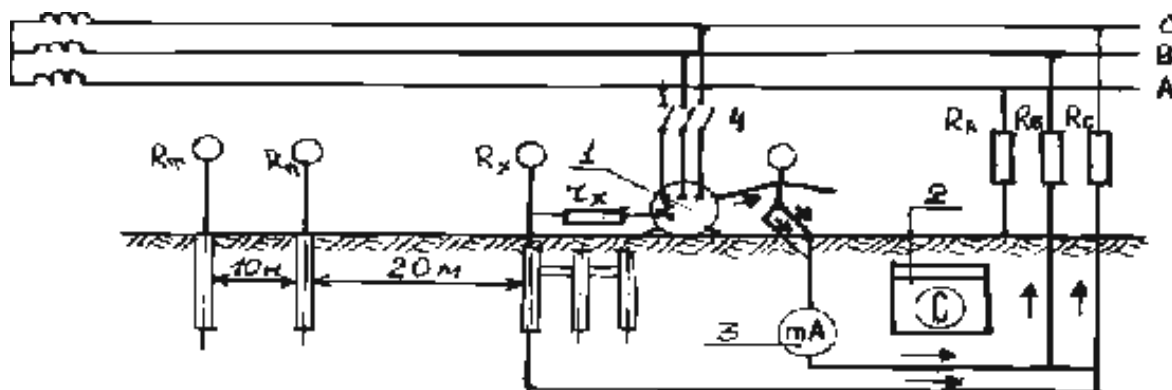


Рис 9.2 - Схема експериментального стенду

Згідно з ПУЕ [4], еквівалент опору людини на стенді дорівнює $R_{\text{л}}=1000$ Ом.

Для дослідження ефективності дії захисного заземлення (впливу величини опору заземлення на ступінь ураження людини електричним струмом), між корпусом електродвигуна і захисним заземлювачем вмонтований змінний опір R . Він імітує зміну опору захисного заземлюючого пристрою. Регулювання величини опору R здійснюють за допомогою перемикача 2. Величину електричного струму, що проходить (умовно) через тіло людини при дослідженнях, фіксують за допомогою міліамперметра 3.

2.2. Порядок виконання досліджень

1. Ознайомитись з лабораторним стендом для досліджень ефективності дії захисного заземлюючого пристрою на ступінь ураження людини електричним струмом.

2. Під керівництвом викладача підготувати стенд для виконання досліджень.

3. Провести виміри струмів, що проходять (умовно) через тіло людини при різних (заданих) значеннях опору захисного заземлюючого пристрою. Для цього перемикачем 2 ступінчасто збільшувати опір захисного заземлення і за міліамперметром 3 записувати величину струму, який проходить через тіло людини (див. рис.9.2).

4. Отримані дані занести до протоколу і для кожного значення виміряного струму визначити його дію на організм людини.

Протокол. Дослідження струму, що проходить через людину.

Номер заміру	Прийнятий опір захисного заземлення, Ом	Величина струму, що проходить через тіло людини, mA	Дія електричного струму на людину

3. Контрольні питання

1. До якого значення знижується потенціал заземленої електроустановки?
2. Як розподіляються потенціали навколо півсферичного заземлювача?
3. Що таке „напруга кроку” і у чому її небезпека?
4. Міри захисту людини від дії крокової напруги.
- 5 Як розрізняють струми по фізіологічній реакції організму?
6. Межі електричного опору людини. Від яких факторів він залежить?
7. Вплив частоти, роду і шляху струму на характер ураження.
8. Залежність наслідків ураження від чинників часу дії струму і виробничого середовища.
9. Як впливають на наслідки ураження індивідуальні особливості організму і раптовість дії струму?
10. Дайте визначення електричної травми.
11. У чому сутність електричного удару?

4. Список літератури

1. Основи охорони праці. За ред. К.Н. Ткачука і М.О.Халімовського.-К.: Основа.-2003.

2. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

3. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. За ред. Б.М.Коржика. -Харків.: ХДАМГ, -2002.

4. Правила устройства электроустановок.-М.: Энергия,-1986.

Лабораторна робота № 10

Дослідження методів випробувань електрозахисних засобів

Мета роботи: Ознайомитися із класифікацією і характеристиками електрозахисних засобів, вимогами до їх застосування в електроустановках, та термінами і методиками випробувань.

1. Загальні відомості

Електрозахисні засоби – це технічні вироби, що не є конструктивними елементами електроустановок і використовуються при виконанні робіт в електроустановках з метою запобігання електротравм [1].

Електрозахисні засоби поділяють на **ізолювальні** (ізолювальні штанги, кліщі, накладки, діелектричні засоби), **огороджувальні** (огородження, щитки, ширми, плакати) та **запобіжні** (окуляри, каски, запобіжні пояси, рукавиці для захисту рук).

Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на основні і додаткові.

Основні ізолювальні електрозахисні засоби розраховані на напругу установки і при дотриманні вимог безпеки щодо користування ними забезпечують захист працівників.

Додаткові електрозахисні засоби навіть при дотриманні функціонального їх призначення не забезпечують надійного захисту працюючих і застосовуються одночасно з основними для підвищення рівня безпеки. У разі застосування основних електрозахисних засобів достатньо використовувати один додатковий засіб. При захисті працівників від напруги кроку досить використовувати діелектричне взуття без застосування основних засобів.

У табл. 10.1 і 10.2 наведений перелік деяких основних і додаткових електрозахисних засобів залежно від величини напруги електроустановки.

Основні електрозахисні засоби.

Таблиця 10.1.

Назва засобів	До 1000 В включно	Понад 1000 В
Ізолювальні штанги	+	-
Ізолювальні штанги всіх видів	-	+
Ізолювальні кліщі	+	+
Електровимірювальні кліщі	+	+
Показчики напруги	+	+
Інструмент з ізолювальним покриттям	+	-
Пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (показчики напруги для фазування, показчики ушкоджень кабелів та ін.)	-	+
Діелектричні рукавички	+	-

Додаткові електрозахисні засоби.

Таблиця 10.2

Назва засобів	До 1000 В включно	Понад 1000 В
Діелектричне взуття	+	+
Діелектричні килими	+	+
Ізолювальні підставки	+	+
Діелектричні рукавички		+
Ізолювальні накладки	+	+
Ізолювальні ковпаки	+	+
Сигналізатори напруги	+	+
Штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу		+

Захисні огороження (щити, ширми)	+	+
Переносні заземлення	+	+
Плакати і знаки безпеки	+	+
Інші засоби захисту	+	+

Примітка: «+» - засоби використовуються; «-» - засоби не використовуються.

Крім наведених в табл. 10.1 і 10.2 засобів захисту, в електроустановках повинні застосовуватися такі ЗІЗ:

- захисні каски – для захисту голови;
- захисні окуляри і щитки - для захисту очей і обличчя;
- протигази і респіратори – для захисту органів дихання;
- рукавиці - для захисту рук;
- запобіжні пояси та страхувальні канати.

Вимоги щодо комплектування електроустановок електрозахисними засобами регламентуються Правилами [1], Положенням про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту [2].

У встановлені нормативами терміни електрозахисні засоби повинні оглядатися з метою перевірки наявності згідно з вимогами до комплектування, очищатися від пилу, забруднень тощо, періодично проходити спеціальні випробування на відповідність їх діелектричних, механічних і т.ін. показників чинним вимогам.

Крім того електрозахисні засоби повинні оглядатися перед кожним їх застосуванням. Під час таких оглядів увага звертається на справність засобів захисту, відсутність тріщин, подряпин та деформації ізолювальних елементів, терміни чергової перевірки. У разі виявлення зазначених дефектів чи простроченого терміну чергового випробування, користуватися електрозахисними засобами забороняється. При оглядах діелектричних рукавичок і діелектричного взуття увагу слід звертати на наявність вологи, забруднень, проривів, інших механічних ушкоджень. Відсутність проривів і проколів рукавичок перевіряється скручуванням їх від нарукавника в бік пальців.

Ізольовані електрозахисні засоби необхідно застосувати за їх прямим призначенням згідно з вимогами Правил [1] і тільки за напруги, що не перевищує ту, на яку вони розраховані.

У електроустановка напругою від 1 до 35 кВ ізолювальні штанги (крім вимірювальних), переносні заземлення, штанги-пилососи, показчики напруги, ізолювальні та вимірювальні кліщі застосовують тільки в комплекті з додатковими засобами захисту – діелектричними рукавичками.

При використанні ізолювальних електрозахисних засобів необхідно тримати їх за рукоятки до обмежувального кільця на них, на витягнутих руках, не допускати наближення ізолювальної частини цих засобів до струмовідних елементів інших фаз установки на небезпечну відстань, регламентовану Правилами безпечної експлуатації електроустановок [3].

У разі заміни запобіжників за допомогою ізолювальних кліщів крім діелектричних рукавичок необхідно застосувати захисні окуляри.

Перед кожним застосуванням в електроустановках показчиків напруги їхню справність необхідно перевіряти на струмовідних частинах, які завідомо перебувають під напругою, користуючись при цьому діелектричними рукавичками. При перевірці справності однополюсних показчиків напруги забороняється застосовувати діелектричні рукавички, що обумовлено конструкцією і принципом роботи цих показчиків.

Виконувати роботи в електроустановках з використанням діелектричних штанг, кліщів і подібних їм інших засобів захисту необхідно з землі, підлоги або безпечних стійких інвентарних конструкцій – стаціонарних чи пересувних площадок, з дробин тощо, які за конструкцією мають відповідати чинним технічним умовам на їх виготовлення. Забороняється використовувати для таких цілей випадкові підручні засоби.

2. Електричні випробування електрозахисних засобів

Вимоги до термінів випробування електрозахисних засобів, методики і параметри цих випробувань регламентується Правилами [1] залежно від типу електрозахисних засобів.

Електричні випробування проводять спеціально підготовлені працівники. Кожний засіб захисту перед випробуванням необхідно оглянути з метою перевірки розмірів, справностей, комплектності, стану ізоляційної поверхні, наявності номера. Випробування проводять напругою змінного струму частотою 50 Гц при температурі повітря $25 \pm 10^0 \text{C}$ і регламентованій Правилами [1] швидкості підвищення напруги. Результати випробувань оцінюють за величиною струму, що протікає через засоби захисту.

У табл. 10.3 наведені дані щодо норм та термінів електричних експлуатаційних випробувань деяких типів електрозахисних засобів.

Норми і терміни електричних експлуатаційних випробувань. Таблиця 10.3

Назва засобів захисту	Напруга, для якої використовуються засіб, кВ	Напруга випробування, кВ	Час випробувань, с	Струм, що протікає через засіб, мА, не більше	Періодичність випробувань
Штанги ізолюючі (крім вимірювальних)	До 1	2	300	-	1 раз в 24 міс.
	До 35 включно	3-кратна лінійна, але ≥ 40	300	-	
	110 і вище	3-кратна фазна	300	-	
Головки вимірювальних штанг Вимірювальні штанги	35-500	30	300	-	1 раз в 12 міс.
	До 35 включно	3-кратна лінійна, але ≥ 40	300	-	
	110 і вище	3-кратна фазна	300	-	
Ізолююча частина штанг переносних заземлень	110-220	50	300	-	1 раз в 24 міс.
	330-500	100	300	-	
	750	150	300	-	
Ізолюючі кліщі	До 1	2	300	-	1 раз в 24 міс.
	6-10	3-кратна лінійна, але ≥ 40	300	-	
	35	3-кратна лінійна	300	-	
Електровимірювальні кліщі	До 1	2	300	-	1 раз в 24 міс.
	$0 < U < 10$	40	300	-	
Ізольований інструмент з одношаровою ізоляцією	До 1	2	60	-	1 раз в 12 міс.

Гумові діелектричні рукавички	Усі класи напруги	6	60	6	1 раз в 6 міс.
Діелектричні боти	Усі класи напруги	15	60	7,5	1 раз в 36 міс.
Діелектричні калоші	До 1	3,5	60	2	1 раз в 12 міс.

При позитивних результатах випробувань на засобах захисту проставляють штамп з інвентарним номером виробу, датою наступного випробування та граничного напругою застосування. Штамп на засобах захисту, застосування яких не залежить від напруги електроустановки, не містить величини напруги застосування.

Результати випробувань оформлюють протоколом установленної форми.

2.1. Випробування діелектричних рукавичок

У процесі експлуатації необхідно проводити електричні випробування діелектричних рукавичок, що не мають механічних ушкоджень.

Їх необхідно 1 раз в 6 місяців випробувати протягом 60 с підвищеною напругою 6 кВ за наступною методикою.

Рукавички необхідно занурити в металеву посудину із водою, яка має температуру плюс $(25 \pm 10)^{\circ}\text{C}$, налити також воду в рукавички таким чином, щоб рівень її як зовні, так і в рукавичках був на 50 мм нижче їхнього верхнього краю при цьому крайки рукавичок, що стирчать над водою, повинні бути сухими. Один вивід випробувального трансформатора необхідно з'єднати з ємністю і заземлити, а всередину рукавичок занурити електрод, що поєднаний із другим виводом трансформатора через міліамперметр. Струм, що протікає через рукавичку повинен бути менше 6 мА.

Схема установки для випробувань наведена на **рис. 10.1**.

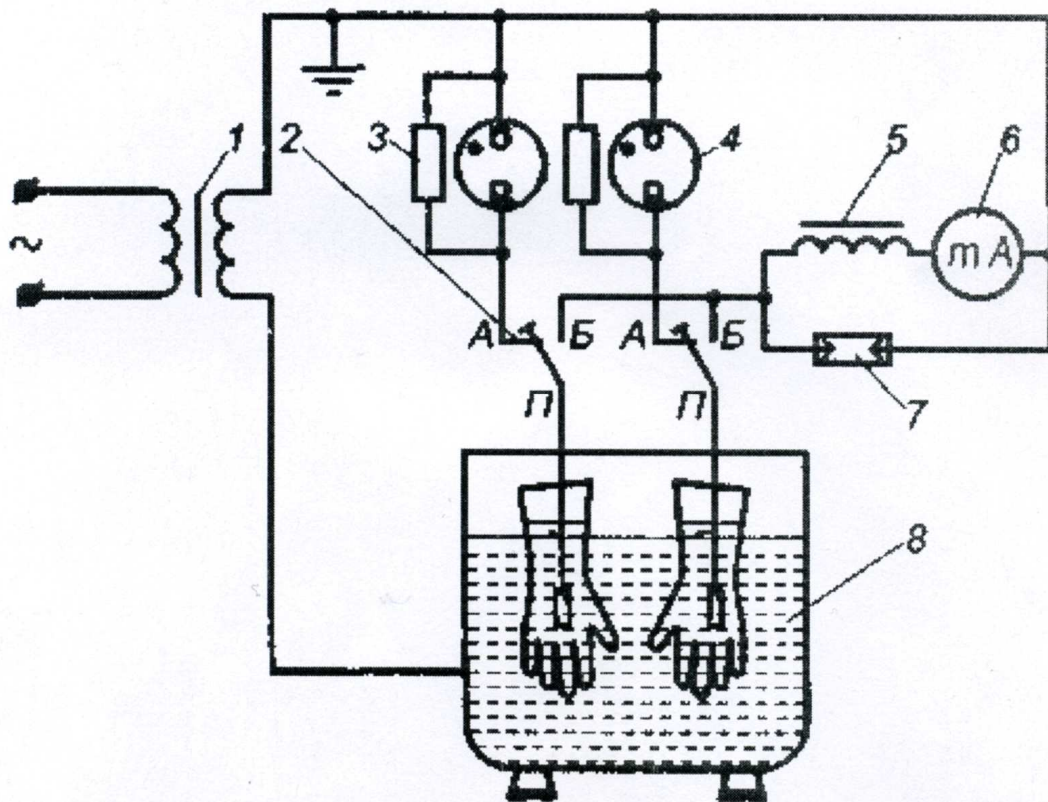


Рис 10.1 –Схема випробувань діелектричних рукавичок, ботів і калош

1 – випробувальний трансформатор; 2 – контакти перемикача П;
3 – шунтуючий опір; 4 – газорозрядна лампа; 5 – дросель; 6 – міліамперметр;
7 – розрядник; 8 – посудина з водою

При проведенні випробувань перемикач П спочатку повинен знаходитися в положенні А – для того, щоб за сигнальними лампами визначити, чи є пробій. У випадку відсутності пробію перемикач П встановлюють в положення Б для виміру струму, що протікає через рукавичку.

Рукавичку відбраковують, якщо струм, що протікає крізь неї перевищує 6 мА або у випадку різких коливань стрілки приладу.

У випадку пробію необхідно відключити ланцюг дефектної рукавички або всю установку.

Після закінчення випробувань діелектричні рукавички необхідно висушити.

2.2. Випробування спеціального діелектричного взуття

У процесі експлуатації діелектричне взуття повинне випробуватися протягом 60 с під напругою:

- 3,5 кВ – калоші з маркуванням E_H – для захисту від напруги до 1000 В;
- 15 кВ – калоші з маркуванням E_B і боти – для захисту від напруги вище 1000 В.

Струми, які у цьому випадку протікають через вироби, не повинні перевищувати:

- 2 мА – для взуття до 1000 В;
- 7,5 мА – вище 1000 В.

Дослідження спеціального діелектричного взуття повинні проводитися згідно з методикою, що наведена в п. 2.1 цих вказівок.

При проведенні випробувань рівень води як зовні, так і всередині горизонтально встановлених виробів повинен бути нижчий бортів калош на 20 мм і нижчий одворотів бот на 50 мм.

2.3. Випробування діелектричних килимків і ізолюючих підставок

У процесі експлуатації ці вироби не випробують. Їх відбраковують при огляді.

Діелектричні килимки необхідно очищувати від забруднень і оглядати не менше 1 разу протягом 6 місяців, а у випадку виявлення дефектів у вигляді проколів, надірвань, тріщин тощо – замінити на нові.

Ізолюючі підставки необхідно оглядати 1 раз на 3 роки стосовно відсутності порушень цілісності опорних ізоляторів, зломів, ослаблення зв'язку між окремими частинами настилу, і у випадку виявлення вказаних дефектів – відбраковувати, а після їх усунення – випробувати за нормами прийомо-здаточних випробувань.

3. Експериментальна частина

3.1. Прилади та обладнання

Установка для випробувань діелектричних рукавичок та спеціального діелектричного взуття (рис. 10.1).

3.2. Порядок виконання досліджень

1. Ознайомитись з установкою для випробувань електрозахисних засобів електричним струмом.

2. Під керівництвом викладача підготувати установку для виконання випробувань діелектричних рукавичок або спеціального взуття (калоші E_n , E_v або боти) згідно з вимогами Правил [1].

3. Виконати попередній огляд діелектричних електрозахисних засобів на відповідність вимогам випробувань [1].

4. Провести протягом 60 с випробування підвищеною напругою згідно з [1]. Підвищення напруги повинне бути плавним і швидким але таким, щоб забезпечувати можливість слідкувати за показниками вимірювального приладу. Після закінчення дослідження напругу необхідно швидко знизити до нуля.

5. Співставити силу струму, що протікає через виріб, із нормативними вимогами [1] і зробити висновок щодо придатності електрозахисного засобу до подальшої експлуатації (див. табл. 10.3).

4. Контрольні питання

1. Дайте визначення електрозахисним засобам.
2. На які групи поділяють електрозахисні засоби?
3. Вимоги до ізолювальних електрозахисних засобів.
4. Умови застосування додаткових електрозахисних засобів.
5. Вимоги безпеки при роботі в електроустановках із захисними засобами.
6. Що перевіряють перед кожним застосуванням засобів захисту?
7. Що перевіряють перед випробуваннями електрозахисних засобів?
8. Загальні вимоги до проведення випробувань електрозахисних засобів?
9. Зміст штампів на засобах захисту після позитивних результатів випробувань.
10. Методика випробувань діелектричних рукавичок.
11. Методика випробувань спеціального діелектричного взуття.
12. Методика випробувань діелектричних килимків і ізолюючих підставок.

5. Список літератури

1. НПАОП 40.1.-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів.

2. НПАОП 0.00-4.26-96. Положення про порядок забезпечення робітників спеціальним одягом, спеціальним взуттям і іншими засобами індивідуального захисту.

3. НПАОП 40.1.-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок.

4. Основи охорони праці. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського.- К.:Основа,-2003.

Лабораторна робота № 11

Дослідження параметрів небезпечних зон

Мета роботи: Ознайомитись з видами, параметрами та межами небезпечних зон в будівництві, методами їх визначення та заходами забезпечення безпеки робіт.

1. Загальні відомості

При організації будівельного майданчика, розміщенні діляниць і робочих місць, проїздів, проходів необхідно встановити небезпечні для людей зони. Під **небезпечно зоною** розуміють частину простору, у якій діють постійно або виникають періодично фактори, що створюють загрозу для життя і здоров'я працюючих [1]. Небезпечні зони визначають знаками безпеки і написами встановленої форми [2].

Усі небезпечні для людей зони поділяють на дві групи: **зони з постійно діючими небезпечними виробничими факторами** і **зони з потенційно діючими небезпечними виробничими факторами**.

До першої групи відносять полоси шириною до 2 м по периметру від неогороджених перепадів по висоті на 1,3 м і більше і місця переміщення машин і обладнання або їх робочих органів і відкритих частин, що рухаються або обертаються; місця над якими переміщують вантажі вантажопідіймальними кранами; зони поблизу неізольованих струмоведучих частин електроустановок і ліній електропередач (ЛЕП); місця виділення небезпечних або шкідливих речо-

вин, що перевищують ГДК; зони впливу шуму, вібрації або забруднень повітря з інтенсивністю, що вище припустимої тощо. Зони з постійно діючими небезпечними виробничими факторами для виключення доступу сторонніх осіб повинні бути захищені огороженнями згідно ГОСТ 23407-88, які обмежують доступ людей до небезпечної зони.

До другої групи відносять монтажні зони, ділянки території поблизу будинку або споруди, що будують; поверхи (яруси) будинків і споруд в одній захватці, над якими виконуєть монтаж (демонтаж) конструкцій або обладнання. Зони з потенційно діючими небезпечними виробничими факторами виділяють сигнальними огороженнями, які сповіщають про межі ділянок із небезпечними і шкідливими факторами.

При проведенні будівельно-монтажних робіт у вказаних небезпечних зонах слід здійснювати комплекс заходів, що забезпечують безпеку робіт.

На будівельному майданчику має місце значний травматизм, який виникає від падіння предметів із висоти будинку, що зводять. Тому суттєве значення для зменшення цього небезпечного фактора має правильне визначення розмірів небезпечної зони та безпечна організація робіт. До небезпечної зони входить простір, що примикає безпосередньо до будівельного об'єкта, а також той, що розміщений по його периметру. Об'єктивне визначення розмірів небезпечної зони має особливе значення при будівництві об'єктів підвищеної поверховості в населених пунктах, де площа будівельного майданчика обмежена і насичена різними механізмами і машинами, конструкціями, матеріалами тощо.

Згідно з СНіП III-4-80* [1] величина небезпечної зони залежить від висоти падіння предметів і визначається за **табл. 11.1**.

Межі небезпечних зон при падінні предметів.

Таблиця 11.1.

Висота можливого падіння предмета, м	Межі небезпечної зони, м	
	В місцях, над якими переміщуються вантажі кранами (від горизонтальної проекції траєкторії переміщення максимальних габаритів вантажу у випадку його падіння)	Поблизу будинку або споруди, що зводяться (від його зовнішнього периметру)
До 10	Більше 0 до 4	Більше 1,5 до 3,5
Більше 10 до 20	Більше 4 до 7	Більше 3,5 до 5
Більше 20 до 70	Більше 7 до 10	Більше 5 до 7
Більше 70 до 120	Більше 10 до 15	Більше 7 до 10
Більше 120 до 200	Більше 15 до 20	Більше 10 до 15
Більше 200 до 300	Більше 20 до 25	Більше 15 до 20
Більше 300 до 450	Більше 25 до 30	Більше 20 до 25

Межі небезпечних зон, у яких діє небезпека ураження електричним струмом, згідно з [1] встановлюється за табл. 11.2.

Межі небезпечних зон електроустановок.

Таблиця 11.2.

Напруга, кВ	Небезпечна відстань від неізолюваних частин електроустановки або від вертикальної площини, яку створює проекція на землю найближчого дроту повітряної ЛЕП, що знаходиться під струмом, м
До 1	1,5
Від 1 до 20	2,0
Від 35 до 110	4,0
Від 150 до 220	5,0
330	6,0
Від 500 до 750	9,0
800 (постійного струму)	9,0

Переміщення, встановлення і робота машин поблизу виїмок (котлованів, траншей тощо), що мають неукріплені відкоси дозволяється тільки за межами призми обрушення ґрунту [1] на відстані згідно з табл. 11.3.

Глибина виїмки, м	Грунт			
	Піщаний	Супіщаний	Суглинистий	Глинистий
	Відстань по горизонталі від основи відкосу виїмки до найближчої опори машини, м			
1,0	1,5	1,25	1,00	1,00
2,0	3,0	2,40	2,00	1,50
3,0	4,0	3,60	3,25	1,75
4,0	5,0	4,40	4,00	3,00
5,0	6,0	5,30	4,75	3,50

2. Методи визначення небезпечних зон

Межі небезпечних зон, які наведені в СНіП III-4-80* [1], в залежності від джерела небезпеки визначають розрахунками, які більш повно і об'єктивно враховують можливі небезпечні фактори при паданні предметів з висоти.

2.1. Небезпечні зони при будівництві об'єктів

При роботах, що виконуються на висоті, небезпечною зоною вважається ділянка, яка розміщена внизу під робочою площадкою, межі якої визначаються горизонтальною проекцією площі Q , збільшеної на безпечну відстань $P = 0.3H$, де H – висота, на якій виконуються роботи.

Межі небезпечної зони стрілових кранів визначаються з урахуванням відльоту конструкції під час розриву гілки стропа

$$P = r + S, \quad (11.1)$$

де P – радіус небезпечної зони, м;

r – радіус максимального обертання стріли крану, м;

S – відстань відльоту конструкції при паданні на землю, (м)

$$S = \sqrt{H[l(1 - \cos \varphi) + a]}, \quad (11.2)$$

де H – відстань від землі до піднятої конструкції, м;

l – довжина стропа, м;

φ – кут між стропом і вертикальною віссю;

a – відстань від центру ваги конструкції до краю більшої сторони.

S можна визначити також і за табл. 11.1.

Відліт вантажу при падінні з висоти H від точки його підвішування може бути визначений за формулою

$$S_1 = 0.32 \omega r \sqrt{H}, \quad (11.3)$$

де ω – кутова швидкість обертання стріли крана, с^{-1} ;

r – радіус максимального обертання стріли, м.

Ця формула враховує тільки початкову лінійну швидкість руху ωr і висоту вантажу над землею. Тому вона може бути застосована тільки для компактних вантажів, які мають низьку парусність, тобто малий опір повітряному потоку, що їх обтікає.

Для підвищення безпеки робіт величину небезпечної зони визначають у залежності від висоти будинку, який будують, і відльоту конструкції при обриві гілок стропу з урахуванням уламків за формулою

$$P = 0.118 H + 2.3, \quad (11.4)$$

де P – величина небезпечної зони навколо споруди, що будується, м;

H – висота будівельного об'єкту або відстань від землі до піднятої конструкції, м.

У ряді випадків потрібний спеціальний розрахунок меж небезпечних зон з урахуванням впливу всіх можливих факторів. Межа небезпечної зони, що виникає при падінні предметів біля зводимого будинку, може бути визначена за формулою

$$P = \frac{A}{mg} (20 H + 0.235 H^2) + V_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}, \quad (11.5)$$

де A – ефективна площа поперечного перерізу предмету, що падає, м^2 (визначається як середнє арифметичне площ найбільшого і найменшого перерізів);

m – маса предмету, що падає, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

H – висота падіння, м;

V_0 – горизонтальна складова швидкості падіння предмету, м/с .

При роботі баштового крану небезпечною зоною є простір, у якому відбуваються або можливі робочі і холості переміщення крану і його елементів.

Ширина небезпечної зони в плані складає

$$P_1 = b + 2(r + S_n) \quad (11.6)$$

Довжина небезпечної зони в плані дорівнює

$$P_2 = l + 2(r + S_n), \quad (11.7)$$

де b – ширина колії крану, м;

l – довжина підкранового шляху, м;

r – максимальний виліт гаку, м;

S_n – відліт вантажу при його падінні з висоти, м.

Небезпечна зона при роботі екскаватора P_e з прямою лопатою визначається і сторони забою як

$$P_e = r_k + b, \quad (11.8)$$

де r_k – найбільший радіус копання, м;

b – відстань від верху забою до проекції лінії кута природного відкосу ґрунту, м.

З протилежної сторони небезпечна зона визначається найбільшим радіусом копання, але не менше 5 м.

Межі небезпечних зон поблизу частин і робочих органів машин, що рухаються, визначають як відстань 5 м, якщо інші підвищені вимоги відсутні в паспорті або інструкції.

2.2. Небезпечні зони при розробці ґрунта

Основною причиною травматизму при виконанні земляних робіт є обрушення ґрунтових мас. Це має місце при перевищенні глибини розробки без кріплень, нестійкості відкосів, великої їх крутизни тощо.

Забезпечити стійкість ґрунту і запобігти обрушенню можливо двома способами: відкосоутворенням і кріпленням.

Відкоси земляних споруд у слабких ґрунтах будують із кутами природного відкосу. Для зв'язаних ґрунтів (суглінків, супесей, глини) існує аналітична залежність між елементами уступу і станом граничної рівноваги відкосу.

Положення межі небезпечної зони відносно підшви виїмки у випадку навантаження берми вагою будівельних машин може бути згідно з [1] визначено через найменше припустиме наближення опори машини (колеса, гусениці, кінця шпали) до основи відкосу табл. 11.3.

Положення межі небезпечної зони відносно підшви виїмки у випадку відсутності навантаження берми може бути оцінено за приблизною залежністю

$$P_n = 1,2ha + 1, \quad (11.9)$$

де h – глибина виїмки, м;

a – коефіцієнт закладання відкосу (визначається за табл. 11.4 залежно від категорії ґрунтів).

Залежність крутизни відкосів від глибини виїмок.

Таблиця 11.4

Види ґрунтів	Крутизна відкоса (відношення його висоти до закладання) при глибині виїмки, м, не більше		
	1,5	3	5
Насипні неущільнені	1:0,67	1:1	1:1,25
Піщані і гравійні	1:0,5	1:1	1:1
Супісь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
Льоси і льосовидні	1:0	1:0,5	1:0,5

Примітка: за наявності напластувальних різних видів ґрунта крутизну відкосів для всіх пластів належить визначати виходячи з найслабшого виду ґрунту.

Риття котлованів і траншей з відкосами без кріплень у нескальних ґрунтах вище рівня ґрунтових вод або в ґрунтах, що осушені за допомогою штучного водопониження, допускається при глибині виїмки і крутизни відкосів згідно з табл. 11.4.

Крутизна відкосів виїмок глибиною більше 5 м в усіх випадках і глибиною менше 5 м при гідрогеологічних умовах і видах ґрунтів, що не передбачені вищевикладеним і табл. 11.4, повинна встановлюватися проектом ведення робіт.

Риття котлованів і траншей з вертикальними стінками без кріплень у нескальних і незамерзаючих ґрунтах вище рівня ґрунтових вод та за відсутності поблизу підземних споруд допускається на глибину не більше, м:

1,0 – у насипних, піщаних і крупноskalочних ґрунтах;

1,25 – у супісках;

1,5 – у суглинках і глинах.

3. Дослідницька частина

1. Ознайомитись з методами визначення небезпечних зон у будівництві.

2. На основі заданих викладачем вихідних даних:

2.1. Розрахувати радіус небезпечної зони стрілового крану за формулами (11.1; 11.2; 11.4), порівняти отримані значення з даними табл. 11.1 і обґрунтувати висновки.

2.2. Визначити параметри небезпечної зони баштового крану (ф. 11.6 і ф. 11.7), викреслити її в плані і викласти комплекс заходів, що забезпечують роботу в цій зоні.

2.3. Знайти межу небезпечної зони відносно підшви виїмки без навантаження берми (ф. 11.9) і з навантаженням її будівельною машиною (табл. 11.3) і зробити висновки.

3. Викласти вимоги безпеки до глибини земляних споруд з вертикальними стінками без кріплень.

4. Контрольні питання

1. Дати визначення небезпечної зони.

2. Назвіть групи небезпечних зон, її ознаки та визначення на місцевості.

3. Визначення небезпечної зони при роботах на висоті.

4. Фактори, що враховуються при розрахунку небезпечної зони стрілових кранів.
5. Як розраховуються небезпечні зони баштових кранів?
6. Розміри небезпечних зон будівельних машин.
7. Основні причини травматизму при земляних роботах.
8. Як забезпечується стійкість відкосів земляних споруд?
9. Межі небезпечної зони при відсутності навантаження машинами берми земляної виїмки.
10. Допустима глибина вертикальних стінок земляних споруд без кріп-лень.

5. Список літератури

1. СНиП III-4-80*. Техника безопасности в строительстве.-М.,-1989.
- 2.ГОСТ 12.4.026-76*. Цвета сигнальные и знаки безопасности.
3. В.А. Пчелинцев и др. Охрана труда в строительстве.-М.: Высшая шко-ла,-1991.
4. Г.Н. Крикунов, П.Т. Резниченко. Охрана труда в строительстве.-К.: Вища школа,-1987.

Лабораторна робота № 12

Дослідження стійкості стрілових кранів

Мета роботи: Ознайомитись з поняттями стійкості і коефіцієнту запасу стійкості будівельних машин, методиками визначення вантажної стійкості самохідних і жорстких стрілових кранів.

1. Загальні відомості

Сучасні будівельні об'єкти оснащені різноманітними машинами. Рік від року вони вдосконалюються, з'являються нові машини з кращими експлуатаційними властивостями, але забезпечення безпеки машин залишається незмінно найважливішою проблемою.

Аналіз виробничого травматизму в будівельних організаціях засвідчує, що близько чверті нещасних випадків відбувається при експлуатації будівельних машин.

Однією з основних причин нещасних випадків при експлуатації вантажопідіймальних, колісних і гусеничних будівельних машин є втрата ними стійкості – перекидання. Перекидання машин звичайно має місце внаслідок низки несприятливих експлуатаційних факторів: збільшення вантажу, що підіймається, до неприпустимої ваги (перевантаження); підіймання примерзлих до землі конструкцій; значні динамічні навантаження при порушенні вимог експлуатації і внаслідок різкого гальмування або обриву сталевих канатів; понаднормативний уклон місцевості; дія вітрового навантаження, яке перевищує розрахункове; неприпустимі просадки основи підкранових шляхів; поломки основних складальних одиниць і механізмів; значний знос несучих металоконструкцій тощо [1].

Згідно з положеннями теоретичної механіки тверде тіло може знаходитися у рівновазі, тобто бути стійким, якщо сума моментів усіх сил, що діють на нього (зовнішніх і внутрішніх), відносно можливої опори перекидання (точки повороту крана) дорівнює нулю. Тобто сума моментів сил, що утримують тіло, і сума моментів, що його перекидають, відносно однієї і тієї ж точки повинні бути рівними. У цьому випадку тіло буде стійким. Це положення за певних умов справедливо і для будівельних машин.

При роботі землерийних машин момент, що їх перекидає, утворюється силою реакції ґрунта на різальну грань робочого органу, а також масою робочого органу і ґранта. Додатковий момент можуть утворювати динамічні навантаження, а також уклон основи у бік можливого перекидання і вітрове навантаження. Для вантажопідіймального крана такими силами є маса вантажу, який підіймають, вітрове навантаження, сили інерції маси вантажу і машини при її русі, сили від уклону шляху тощо. Момент, що утримує, створюють сили від маси машини і противаги. Слід також мати на увазі сили, що обумовлені деформацією самої конструкції машини і її основи. Але їх можна не враховувати для

спрощення розрахунків, тобто розглядати конструкцію машини як абсолютно жорстку.

У якості основного показника стійкості машин прийнятий **коефіцієнт запасу стійкості**, який являє собою відношення моменту сил, що утримують, відносно ребра перекидання до моменту сил, що перекидають [1]

$$\frac{M_{\text{ут}}}{M_{\text{пер}}} \geq K \quad (12.1)$$

Цей показник дозволяє оцінити стійкість машини при проектуванні, дослідити вплив на стійкість різних експлуатаційних факторів і обґрунтувати вимоги безпеки.

При забезпеченні стійкості різні види будівельних машин мають особливості, тому вимоги до коефіцієнта запасу стійкості і порядок його знаходження можуть суттєво відрізнятися.

2. Стійкість самохідних кранів

Для забезпечення стійкості машин необхідно деяке перевищення моменту сил, що утримують $M_{\text{ут}}$ над моментом сил, що перекидають $M_{\text{пер}}$, тобто слід приймати певну величину коефіцієнта стійкості K . ИСО 12485 [2] нормує значення цього коефіцієнта в залежності від умов експлуатації кранів

$$K = \frac{\sum M_{\text{ут}}}{\sum M_{\text{пер}}} \quad (12.2)$$

Звичайно розглядають коефіцієнт запасу стійкості для трьох схем роботи крана: **коефіцієнт вантажної стійкості на горизонтальному шляху без додаткових навантажень** $K \geq 1,4$, **коефіцієнт вантажної стійкості з урахуванням додаткових навантажень** $K \geq 1,15$; **Коефіцієнт власної стійкості** $K \geq 1,15$.

2.1. Вантажна стійкість самохідних кранів

Вона забезпечується за умови (рис.12.1) коли

$$K \cdot M_B \leq M_{o.o}, \quad (12.3)$$

де K – коефіцієнт вантажної стійкості;

M_B – момент, який утворюється робочим вантажем відносно ребра перекидання, Н·м;

$M_{o.o}$ – момент усіх інших навантажень, що діють на кран відносно того ж ребра з урахуванням найбільшого припустимого уклону шляху, Н·м [3].

Вантажний момент M_B визначається за формулою

$$M_B = Q(a - b), \quad (12.4)$$

де Q – вага найбільшого робочого вантажу, Н;

a – відстань від осі обертання до центру важкості робочого вантажу найбільшої маси, що підвішена до гака, м;

b – відстань від осі обертання, до ребра перекидання, м (рис.12.1).

Момент, що утримує, який виникає від дії основних і додаткових навантажень, визначають за формулою

$$M_{o.o} = M_n - M_y - M_{y.c} - M_{i.c} - M_{em}, \quad (12.5)$$

де M_n – момент, що поновлює стійкість, під дією власної ваги крана, Н·м;

M_y – момент, що виникає під дією власної ваги крана при уклоні шляху, Н·м;

$M_{y.c}$ – момент від дії відцентрових сил, Н·м;

$M_{i.c}$ – момент від дії інерційних сил під час гальмування вантажу, що опускають, Н·м;

M_{em} – момент від вітрового навантаження, Н·м.

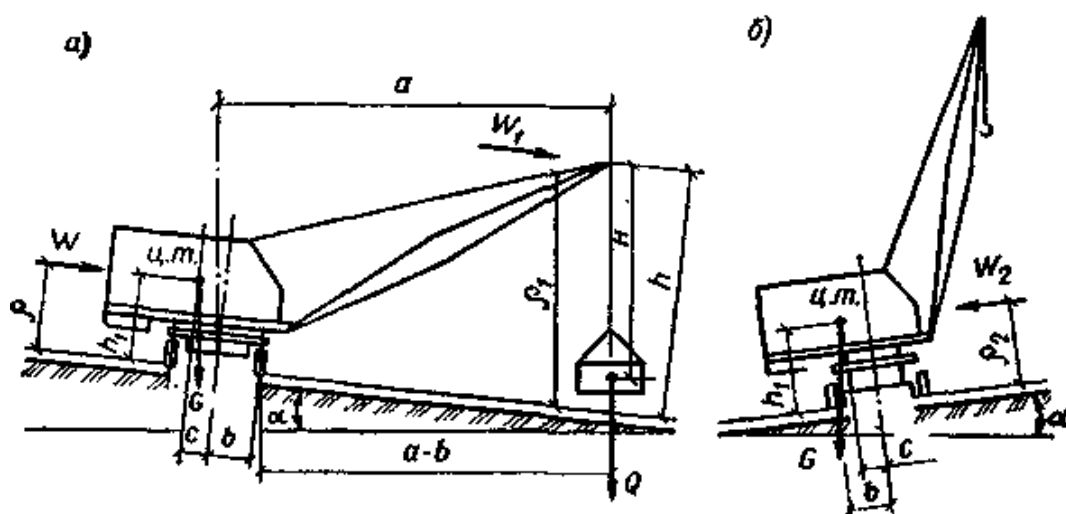


Рис.12.1- Розрахункова схема стійкості самохідного крана з вантажем (а), без вантажу (б)

Винайдемо ці моменти, що діють на кран (див. рис. 12.1).

$$M_n = G(b + c)\cos \alpha, \quad (12.6)$$

де G – маса крану, Н;

c – відстань від осі обертання крана до його центру важкості, м;

α – кут нахилу шляху крана, град (для пересувних стрілових кранів

$\alpha=3^0$ – при роботі без виносних опір і $\alpha=1,5^0$ – при роботі з виносними опорами).

$$M_y = Gh_1 \sin \alpha, \quad (12.7)$$

де h_1 – відстань від центру важкості крана до площини, що проходить через точки опорного контуру, м.

$$M_{y.c} = Qn^2 ah(900 - n^2 H), \quad (12.8)$$

де n – частота обертання крана навколо вертикальної осі, хв^{-1} ;

h – відстань від оголовка стріли до площини, яка проходить через точки опорного контуру, м;

H – відстань від оголовка стріли до центра важкості вантажу, що підвищений і знаходиться над землею на відстані 20-30 см.

$$M_{i.c} = \frac{QV(a-b)}{gt}, \quad (12.9)$$

де V – швидкість підйому вантажу (при свободному опусканні вантажу $V=1,5$ м/с);

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

t – час невстановившегося режиму роботи механізму підйому (гальмування), с.

$$M_{\text{вт}} = M_{\text{вт.к}} + M_{\text{вт.в}} = W_k \cdot \rho + W_B \cdot \rho_1, \quad (12.10)$$

де $M_{\text{вт.к}}$ – момент від дії вітрового навантаження на вертикальну площину крана. Н·м;

$M_{\text{вт.в}}$ – те саме, вантажу, Н·м;

W_k – вітрове навантаження, яке діє в центрі важкості крана, Па;

W_B – те саме, що діє на навітрену площу вантажу, Па;

$\rho=h$ і $\rho_1=h_1$ – відстань від основи до центру дії вітрового навантаження, м.

Коефіцієнт вантажної стійкості **крана, який не переміщується з вантажем**, визначають за формулою

$$K = \frac{M_{o.o}}{M_B} \geq \frac{G[(b+c)\cos\alpha - h_1 \sin\alpha] - \frac{Qn^2 ah}{900 - n^2 H} - \frac{QV}{gt}(a-b) - W_k \cdot \rho - W_B \cdot \rho_1}{Q(a-b)} \geq 1.15 \quad (12.11)$$

У випадку переміщення крана із вантажем у напрямку його руху враховують залежності $\frac{GV_1 h}{gt}$ і $\frac{QV_1 h}{gt}$, які віднімають від моменту, що утримує (враховуються інерційні сили, що діють у бік можливого перекидання крану).

Вітрове навантаження (W_k і W_B) визначають за формулою

$$W = g_n^c \cdot F, \quad (12.12)$$

де F – навітряна поверхня крана або вантажу, м²;

g_n^c – нормативне вітрове навантаження, н/м², яке визначають по формулі за формулою

$$g_n^c = g_0 k c, \quad (12.13)$$

де g_0 – швидкісний вітровий напір, Па, значення якого приймають у залежності від району будівництва;

k – коефіцієнт, який враховує зміну швидкісного напору на висоті з урахуванням типу місцевості;

c – аеродинамічний коефіцієнт опору (для суцільних балок і ферм, прямокутного перерізу $C=1,49$, для прямокутних кабін $C=1,2$ тощо) [3].

У розрахунках стійкості кранів тиск вітру для самохідних стрілових кранів приймають 250 Па.

Площу навітряної поверхні крана F визначають площею F^1 , яка обмежена контуром крана, помноженою на коефіцієнт заповнення елементами ґрат a (для суцільних перерізів $a=1$, для ґратчастих $a=0,3-0,4$).

$$F = F^1 \cdot a. \quad (12.14)$$

Власну стійкість пересувних стрілових кранів оцінюють наступним чином:

$$K_c = \frac{G[(b-c)\cos\alpha - h_1 \sin\alpha]}{w_k^1 \cdot \rho} \geq 1.15, \quad (12.15)$$

де w_k^1 - вітрове навантаження на підвітрову площину крана без вантажу, Па;

ρ – відстань від площини, яка проходить через точки опорного контуру, до центру прикладення вітрового навантаження, м.

2.2. Стійкість жорстких стрілових кранів

Їх стійкість забезпечується шляхом завантаження баластом рами крана або кріпленням його до фундаменту [4]. Стійкість розраховують для випадку найбільш небезпечного положення стріли в площині одного з підкосів (рис.12.2).

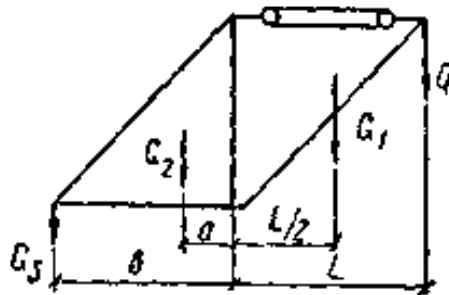


Рис. 12.2 – Розрахункова схема стійкості жорсткого стрілового крана

Рівняння вантажної стійкості крана має наступний вигляд:

$$G_3 b = G_2 a - \frac{G_1 L}{2} - M_{\text{вт}} \geq K Q L, \quad (12.16)$$

де G_3 – вага противаги або опорна реакція, Н;

a, b – плечі сил, м;

G_1 – вага стріли і стрілового поліпасту, Н;

G_2 – повна вага рами крану, Н;

L – найбільший виліт гаку, м;

$M_{\text{вт}}$ – момент від дії вітру на поверхню крана і вантажу, Н·м;

K – коефіцієнт власної стійкості (для кранів вантажопідіймальністю до 30т $K \geq 1,5$, для кранів вантажопідіймальністю більше 30т $K \geq 1,4$);

Q – граничний вантаж, що кран підіймає при найбільшому виліті, з урахуванням ваги стрілового поліпасту, Н.

Розв'язання рівняння (12.16) відносно G_3 , дає змогу знайти вагу противаги або опорну реакцію у випадку встановлення крана на підвалини. Опорна реакція сприймається анкерними болтами. Якщо кран пересувається раніше змонтованими конструкціями, раму крана закріплюють на них.

3. Дослідницька частина

1. Ознайомитись з методиками визначення вантажної стійкості самохідних і жорстких кранів [5].

2. Дати визначення коефіцієнта запасу стійкості будівельних машин і навести його значення в залежності від схем роботи кранів.

3. На основі заданих викладачем вихідних даних:

3.1. Розрахувати коефіцієнт запасу стійкості самохідного стрілового крана, який не переміщується з вантажем (ф. 12.11).

3.2. Розрахувати власну стійкість самохідного крана (ф. 12.15).

3.3. З рівняння (12.16) знайти вагу противаги жорсткого крана.

4. Контрольні питання

1. Назвіть причини перекидання будівельних машин.

2. У чому полягають умови стійкості твердого тіла?

3. Які сили створюють моменти перекидання і утримання вантажопідіймальних кранів?

4. Дайте визначення коефіцієнта запасу стійкості крана.

5. Назвіть величини коефіцієнта запасу стійкості для різних схем роботи крана.

6. При виконанні якої умови забезпечується вантажна стійкість самохідних кранів?

7. Як визначається вантажний момент крана?

8. Напишіть формулу моменту, що утримує кран.

9. Як визначають площу навітряної поверхні крана?

10. Напишіть рівняння вантажної стійкості жорстких стрілових кранів.

5. Список літератури

1. В.А. Пчелинцев и др. Охрана труда в строительстве.- М.:Высшая школа,-1991.
2. ИСО 12485. Башенные краны. Требования к устойчивости. М.:1998.
3. Охрана труда в строительстве. Инженерные решения. Справочник.- К.: Будывельник,-1990.
4. Инженерные решения по охране труда в строительстве. Справочник строителя.- М.: Стройиздат, -1985.
5. Інженерні рішення з охорони праці. За ред. В.В. Сафонова.-К.: Основа, - 2001.

Лабораторна робота № 13

Дослідження ефективності блискавкозахисту об'єктів

Мета роботи: Ознайомитись з методиками захисту будинків і споруд і методами будівництва зон захисту об'єктів від дії блискавки.

1. Загальні відомості

Блискавкозахист – це комплекс захисних пристроїв, що призначений для забезпечення безпеки людей, збереження будівель та споруд, устаткування та матеріалів від можливих вибухів, займань та руйнувань, спричинених **блискавкою** [1].

Будівлі і споруди (або їх частини) у залежності від призначення, інтенсивності грозової діяльності в районі їх місцезнаходження, а також кількості уражень блискавкою, що очікується за рік, повинні бути захищені у відповідності з категорією будови блискавкозахисту і типом зони захисту. Будівлі і споруди захищають від прямих ударів блискавки, електростатичної і електромагнітної індукції, заносу високих потенціалів через наземні і підземні металеві комунікації. Вид вказаного захисту залежить від категорії будівлі.

Прямий удар блискавки – безпосередній контакт каналу блискавки з об'єктом, що супроводжується протіканням через нього струму блискавки.

Під **вторинними проявами блискавки** розуміють появу потенціалів на конструкціях, трубопроводах, електропроводах всередині об'єктів, які не зазнали прямого удару блискавки. Вони виникають внаслідок електростатичної та електромагнітної індукції.

Електростатична індукція – проявляється у наведенні потенціалів на металевих елементах конструкції, в незамкнених металевих контурах. Вона може викликати іскріння і тим самим ініціювати пожежу чи вибух.

Електромагнітна індукція – наведення потенціалів у замкнених металевих контурах внаслідок швидких змін струму блискавки, які створюють небезпеку іскріння у місцях зближення цих контурів.

Ще одним вторинним проявом блискавки є **занесення високих потенціалів** у будівлю по металоконструкціях (трубопроводах, естакадах, монорейках, електричних кабелях з металевою оболонкою, що прокладені в землі, каналах тощо). Такі занесення супроводжуються електричними розрядами.

Захист об'єктів від прямих ударів блискавки забезпечується встановленням блискавковідводів. Захист від електростатичної індукції здійснюється приєднанням устаткування та конструкцій до заземлювача. Захист від електромагнітної індукції полягає у зварюванні перемичок між повздовжніми конструкціями в місцях їхнього зближення менше ніж 0,1 м з інтервалом не більше 20 м. Захист від занесення високих потенціалів здійснюється шляхом приєднання до заземлювача металоконструкцій перед їх введенням у будівлю.

Для захисту об'єкта від прямих ударів блискавки застосовується **блискавковідвід** – пристрій, який приймає на себе удар блискавки і відводить її струм у землю. Він складається з опори, блискавкоприймача, струмовідводу і заземлювача. Опорою може бути сам будинок чи споруда або вона встановлюється окремо від об'єкту. Найпоширеніші блискавковідводи: стержневі, тросові та сітчасті.

Будівлі та споруди поділяються за рівнем блискавкозахисту на три категорії. Приналежність об'єкта, що поділяє блискавкозахисту, до тієї чи іншої ка-

тегорії визначається його призначенням та класом вибухопожежонебезпечних зон згідно ПУЕ[2].

I категорія - будівлі та споруди або їх частини з вибухонебезпечними зонами класів В-I та В-II. У них зберігають чи знаходяться постійно або використовуються під час виробничого процесу легкозаймисті та горючі речовини, що здатні утворювати газо,- пило,- пароповітряні суміші, для вибуху яких достатньо невеликого електричного розряду (іскри).

II категорія – будівлі та споруди або їхні частини, у яких наявні вибухонебезпечні зони В-Iа, В-Iб, В-IIа. Вибухонебезпечні газо,-пило,-пароповітряні суміші в них можуть з'явитися лише при аварії чи порушенні устаткованого технологічного процесу. До цієї ж категорії належать зовнішні установки класу В-Iг та склади, у яких зберігаються вибухонебезпечні матеріали, легкозаймисті та горючі рідини.

III категорія – будівлі та споруди з пожежонебезпечними зонами класів П-I. П-II та П-IIа; відкриті склади горючих речовин, що належать до зон класу П-III; громадські та житлові будинки; димарі та башти висотою більше 15 м тощо.

Об'єкти I та II категорій необхідно захищати як від прямих ударів блискавки, так і від вторинних її проявів. Будівлі та споруди III категорії повинні мати захист від прямих ударів блискавки та занесення високих потенціалів, а зовнішні установки – тільки від прямих ударів.

При виборі пристроїв блискавкозахисту за категоріями [3] враховують важливість об'єкта, його висоту, місце розташування серед сусідніх об'єктів, рельєф місцевості, інтенсивність грозової діяльності, яка характеризується середньорічною тривалістю гроз у годинах для певної місцевості (табл.13.1).

Середня інтенсивність грозової діяльності.

Таблиця 13.1.

Регіони (області) України	Інтенсивність грозової діяльності, год/рік
Автономна республіка Крим	40-60
Закарпатська, Запорізька, Донецька	80-100
Інші області України	60-80

Блискавковідвід характеризується **зоною захисту** – частиною простору, у якому будинок (споруда) захищена від прямих ударів блискавки з певним ступенем надійності. За величиною ступеня надійності зони захисту можуть бути двох типів: зона А – ступінь надійності не менше 99,5%, зона Б – не менше 95%. Тип зони захисту блискавковідводу залежить від очікуваної кількості уражень блискавкою будівель та споруд, які не мають блискавкозахисту, за рік. Кількість очікуваних уражень за рік N для будівель і споруд прямокутної форми визначають за формулою

$$N = [(S + 6h_x) \cdot (L + 6h_x) - 7.7h_x^2] n \cdot 10^{-6}, \quad (13.1)$$

де S, L – відповідно ширина та довжина будівлі, м;

h_x – найбільша висота будівлі, м;

n – середньорічна кількість ударів блискавки в 1 км^2 поверхні землі в певному географічному місці (табл.13.2).

Середньорічна кількість ударів блискавки

Таблиця 13.2.

Середня інтенсивність грозової діяльності, год/рік	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100 і більше
Середньорічна кількість ударів блискавки в 1 км^2 поверхні землі	1	2	4	5,5	7	8,5

Якщо $N > 1$, то для будівель і споруд, що належать до II категорії за рівнем блискавкозахисту, приймається зона захисту А, а при $N \leq 1$ – зона захисту Б. Для об'єктів III категорії при $N > 2$ приймається зона захисту А, а при $N < 2$ – зона захисту Б.

2. Дослідження зон захисту блискавковідводів

2.1. Зона захисту одинарного стержневого блискавковідводу

Ця зона являє собою конус (**рис.13.1а**) висотою $h_0 < h$ з радіусом основи r_0 , де $h < 150$ – висота блискавковідводу (з урахуванням блискавкоприймача), м; r_x – радіус кола зони захисту на висоті споруди h_x , яку захищають, м.

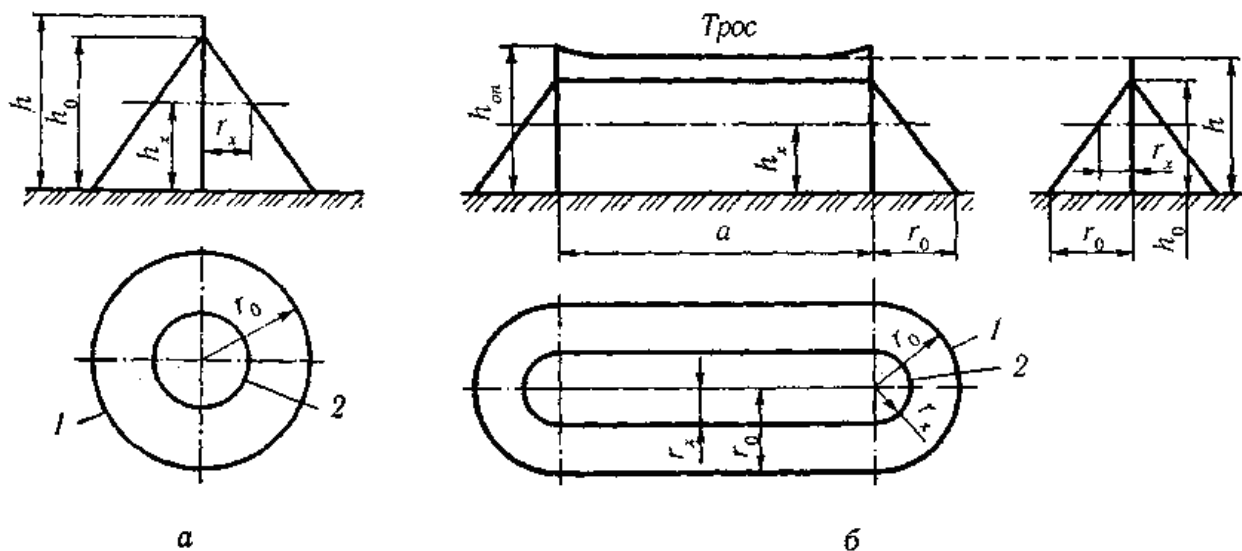


Рис. 13.1 – Зони захисту блискавковідводів:

а – одинарного стержневого; б – одинарного тросового;

1 – межа зони захисту на рівні землі; 2 – межа зони захисту на рівні А.

Одинарні стержневі блискавковідводи доцільно використовувати при співвідношенні сторін споруди в плані не більше, ніж 1:2 [4].

Основні габаритні розміри зони захисту визначають

Для зони А:

$$h_0 = 0.85 h ; \quad r_0 = (1.1 - 0.002 h) h ; \quad r_x = (1.1 - 0.002 h) \left(h - \frac{h_x}{0.85} \right). \quad (13.2)$$

Для зони Б:

$$h_0 = 0.92 h ; \quad r_0 = 1.5 h ; \quad r_x = 1.5 \left(h - \frac{h_x}{0.92} \right). \quad (13.3)$$

З відомих величин h_x та r_x можна знайти потрібну висоту блискавковідводу за формулою

$$h = \frac{r_x + 1.63 h_x}{1.5}. \quad (13.4)$$

2.2. Зона захисту одинарного тросового блискавковідводу

Ця зона висотою $h < 150$ м зображена на рис.13.1б, де h – висота троса в точці найбільшого провисання.

З врахуванням стріли провисання тросу перерізом 35-50 мм² при відомій висоті опір h_{on} і довжини прольоту a , висота тросу (в метрах) визначається:

$$\begin{aligned}
 h &= h_{on} - 2 \quad \text{при } a < 120 \text{ м;} \\
 h &= h_{on} - 3 \quad \text{при } 120 < a < 150 \text{ м.}
 \end{aligned}
 \tag{13.5}$$

Зона захисту тросового блискавковідводу має наступні габаритні розміри.

Для зони А:

$$h_0 = 0.85 h ; \quad r_0 = (1.35 - 0.0025 h) h ; \quad r_x = (1.35 - 0.0025 h) \left(h - \frac{h_x}{0.85} \right) \tag{13.6}$$

Для зони Б:

$$h = 0.92 h ; \quad r_0 = 1.7 h ; \quad r_x = 1.7 \left(h - \frac{h_x}{0.92} \right). \tag{13.7}$$

Якщо відомі величини h_x та r_x висота тросу h для зони Б визначається по формулі

$$h = \frac{r_x + 1.85 h_x}{1.7}. \tag{13.8}$$

Зони захисту подвійних стержневих блискавковідводів однакової і різної висоти, а також подвійних тросових блискавковідводів, які використовують у залежності від розмірів у плані та конфігурації об'єктів, які захищають, визначають згідно з [1].

2.3. Графо-аналітичний метод визначення висоти блискавковідводів

У теорії надійності можливість прориву зони захисту – це параметр, який характеризує відказ блискавковідводу як захисного пристрою. За умови такого підходу двом прийнятим зонам захисту (А і Б) відповідає ступінь надійності 0,99 та 0,9. Ця оцінка надійності справедлива при розміщенні об'єкта поблизу межі зони захисту. У реальних об'єктів (будинків і споруд) на межі зони захисту, як правило, розміщені лише верхні елементи, а більша частина об'єкта розміщена в глибині зони. Оцінка надійності зони захисту за її зовнішньою межею призводить до надмірно занижених значень. Тому, для того щоб врахувати взаємне розміщення блискавковідводів і об'єктів, яке існує на практиці, зонам захисту А і Б приписаний в [1] орієнтований ступінь надійності 0,995 і 0,95 відповідно.

Лінійні залежності між розрахунковими параметрами зон захисту типа Б дозволяють з достатньою для практики точністю оцінювати висоти блискавко-

відводів за допомогою номограм, які скорочують обсяг розрахунків. Такі номограми, що побудовані у відповідності до [1], наведені на **рис. 13.2.** для визначення висот стержневих і тросових одинарних і подвійних блискавководів у зоні захисту типу Б.

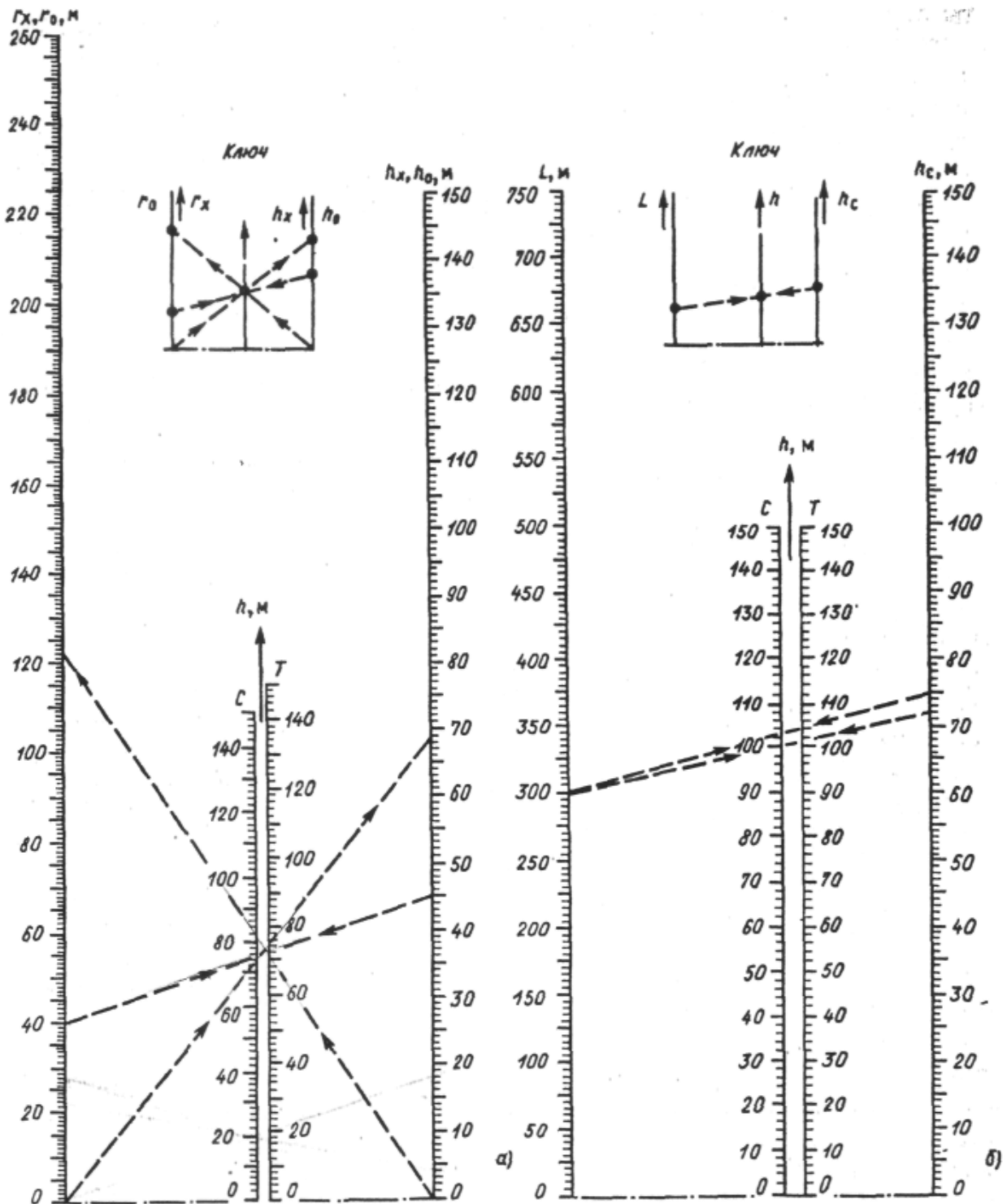


Рис.13.2 – Номограми для визначення одинарних (а) та подвійних рівних за висотою (б) блискавководів у зоні Б.

3. Дослідницька частина

1. Ознайомитись з дією блискавки та методикою визначення зон захисту об'єктів.

2. На основі заданих викладачем даних:

2.1. Побудувати зону захисту одинарного стержневого блискавковідводу об'єкта для зони А або зони Б.

2.2. Побудувати зону захисту одинарного тросового блискавковідводу будинку для зони А або Б.

3. За номограмою (**рис. 13.2**), згідно з даними вихідними параметрами, визначити потрібну висоту блискавковідводу в зоні захисту типу Б.

4. Контрольні питання

1. Дайте визначення блискавкозахиста.

2. У відповідності до яких показників будинки і споруди захищають від дії блискавки?

3. Від яких проявів дії блискавки захищають об'єкти?

4. У чому проявляється вторинна дія блискавки?

5. Що таке блискавковідвід і яка його конструкція?

6. На які категорії за рівнем блискавкозахисту поділяють об'єкти?

7. Дайте визначення зони захисту від дії блискавки.

8. Типи зон захисту і ступінь їхньої надійності.

9. Які конструкції блискавковідводів застосовують для забезпечення захисту будинків і споруд?

10. Які параметри зон захисту розраховують?

11. Як визначається висота блискавковідводів графо-аналітичним методом?

5. Список літератури

1. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.-М.: Стройиздат,-1988.

2. Правила устройства электроустановок.- М.:Энергия,-1986.
3. В.Ц.Жидецкий. Основы охорони праці. Львів.: Афіша,-2004.
4. Практикум з охорони праці. За ред. В.Ц. Жидецького. Львів.: Афіша,-2000.

Лабораторна робота № 14

Визначення температури спалаху рідин у закритому тиглі

Мета роботи: навчити студентів визначати категорію пожежної небезпеки приміщень і будівель за вимогами нормативних документів.

1. Загальні відомості

За вибухопожежною і пожежною небезпекою приміщення й будівлі поділяють на категорії – А, Б, В, Г, Д [1] у залежності від розташованих у них технологічних процесів і властивостей речовин і матеріалів, що там знаходяться (використовуються).

Категорії будівель і приміщень визначають у технологічній частині проекту відповідно до [2], за відомчими нормами технологічного проектування або спеціальними переліками, затвердженими у встановленому порядку.

Пожежовибухонебезпека речовин та матеріалів – це сукупність властивостей, які характеризують їхню здатність до виникнення й поширення горіння.

Показники пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів визначають з метою отримання вихідних даних для розробки та створення системи забезпечення пожежовибухобезпеки.

Вони використовуються:

- для аналізу пожежної небезпеки;
- для класифікації небезпечних вантажів;
- для вибору категорії приміщень та будівель згідно з вимогами норм технологічного проектування, а також з метою здійснення технічного нагляду за виготовленням матеріалів і виробів та їх наступним використанням.

Оцінка пожежної небезпеки речовин і матеріалів регламентована [3] і полягає у визначенні низки показників, що характеризують їхню пожежну небезпеку. У [3] наведено, які показники характеризуватимуть пожежну небезпеку газів, рідин, твердих речовин. Під **пожежною небезпекою** розуміють можливість виникнення і (або) розвитку пожежі [4].

Оцінювання пожежної небезпеки полягає у визначенні комплексу показників, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу) та умов їхнього використання.

1.1 Горіння рідин

Рідини - речовини, тиск насиченої пари яких при температурі 25 °С и тиску 101,3 кПа (1 атм) менше 101,3 кПа. До рідин належать також тверді плавкі речовини, температура плавлення або краплепадіння яких менше 50 °С [3].

Рідини, які горять, поділяють на **горючі** й **легкозаймисті**. Відповідно до міжнародних рекомендацій, до легкозаймистих належать усі горючі рідини, які мають температуру спалаху нижче 61 °С (при визначенні в лабораторних умовах у закритому тиглі) або 66 °С (у відкритому тиглі). Особливо небезпечними є легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 °С [5].

Спалах та горіння рідини залежать від температури і концентрації пари над її поверхнею. **Температурою займання** називається найменша температура горючої речовини, при якій вона виділяє горючі гази та пару з такою швидкістю і в такій кількості, що після спалаху їх від джерела запалювання виникає стійке горіння.

Процес горіння рідини розпочинається із спалахування цієї пароповітряної суміші. При звичайних температурах не всі рідини мають над своєю поверхнею достатню концентрацію пари і таку швидкість їх утворення, щоб після спалаху встановилося стійке горіння. Процес горіння набуває стаціонарного характеру лише при певній температурі рідини, але і при менших температурах рідини можуть бути небезпечними з погляду пожежної безпеки, оскільки над їх поверхнею може утворюватись вибухонебезпечна концентрація пари. Таким

чином, горіння рідин характеризується двома взаємопов'язаними явищами – випаровуванням і згорянням пароповітряної суміші, що утворилася над поверхнею рідини.

Температура рідини, при якій над поверхнею утворюється концентрація насиченої пари, що дорівнює нижній концентраційній межі розповсюдження полум'я, називається **нижньою температурною межею займання** і, відповідно, температура рідини, при якій над поверхнею утворюється концентрація насиченої пари, що дорівнює верхній концентраційній межі розповсюдження полум'я, називається **верхньою температурною межею займання**.

Температурні межі займання використовують для оцінки пожежної небезпеки рідин, для розрахунку безпечних режимів роботи закритих технологічних апаратів, складських ємностей з рідинами і леткими твердими речовинами. Нижню температурну межу займання інакше називають **температурою спалаху**.

Температура спалаху – це найнижча (в умовах спеціального дослідження) температура речовини, при якій над її поверхнею утворюються пари, які здатні спалахнути у повітрі від джерела запалювання, але швидкість утворення парів недостатня для подальшого горіння [3].

Горіння рідин відбувається у газовій фазі і являє собою складний фізико-хімічний процес, що проходить при взаємному впливі кінетичних, теплових і гідродинамічних явищ. Як результат випарювання, над поверхнею рідини утворюється паровий потік, змішування й хімічна взаємодія якого з киснем повітря забезпечує формування зони горіння, тобто тонкого шару газів, що світиться, і у яку з поверхні рідини надходять горючі пари, а з повітря дифундує кисень. Спрощене горіння рідини показано на рис. 14.1.

Розміри та форма полум'я рідин істотно залежать від діаметра резервуара, у якому відбувається горіння. Зі збільшенням діаметра резервуара висота полум'я збільшується. Полум'я рідин у пальниках малого діаметра буде ламінарним, у резервуарах - турбулентним.

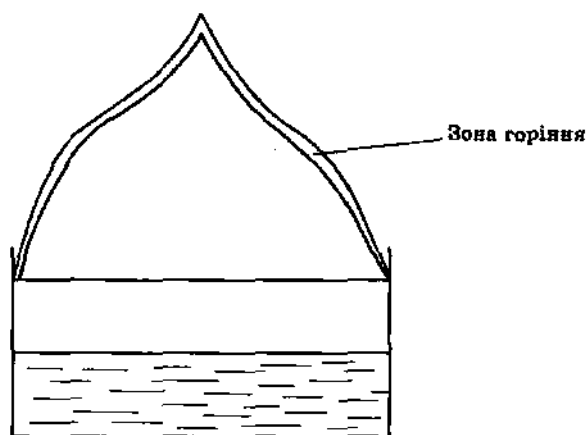


Рис. 14.1 – Схема дифузійного горіння рідини

Розрізняють дві швидкості горіння рідин – вагову і лінійну.

Ваговою швидкістю (G) називається маса рідини, яка вигоряє за одиницю часу з одиниці поверхні.

Під лінійною швидкістю горіння (v) рідини розуміють висоту її шару, що вигоряє за одиницю часу [5]:

$$G = \rho \frac{v}{1000} \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right]; \quad v = \frac{h}{\tau} \left[\frac{\text{мм}}{\text{с}} \right], \quad (14.1)$$

де ρ – густина рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$; h – висота шару рідини, що згоріла, мм ; τ – час горіння, с .

Швидкість горіння рідин непостійна і залежить від початкової температури, діаметра резервуара, рівня рідини в ньому, швидкості вітру та інших факторів. Експериментальними даними було встановлено, що із збільшенням початкової температури швидкість вигорання зростає.

Для малих діаметрів швидкість вигорання порівняно невелика. Із збільшенням діаметра швидкість вигорання спочатку зменшується, а потім зростає до певного постійного значення для цієї рідини. Швидкість горіння у великих резервуарах із збільшенням діаметра зростає незначно.

Сильний вітер сприяє змішуванню парів з повітрям, підвищенню температури полум'я, внаслідок чого інтенсивність горіння зростає.

Показником, за яким визначають клас рідин, розряд, категорію приміщень з вибухопожежної небезпеки, є температура спалаху.

Під час горіння частина тепла, що надходить з полум'я, витрачається на нагрівання рідини. Природно, що верхній шар рідини, яка горить, нагрівається до вищої температури порівняно нижніми шарами. Температура верхнього шару рідини з часом збільшується; найбільша зміна температури спостерігається в початковий період. Далі у шарах рідини встановлюється малозмінний у часі розподіл температур. Характер розподілу залежить від природи рідини і умов горіння.

2. Експериментальна частина

У лабораторній роботі вивчається метод експериментального визначення температури спалаху рідин у закритому тиглі. Метод реалізується в діапазоні температур від мінус 15 до 360 °С і не застосовується для випробувань рідин, що полімеризуються при нагріванні, гідролізуються і швидко окисляються.

2.1. Апаратура

Прилад для визначення температури спалаху в закритому тиглі (рис. 14.2) включає наступні елементи:

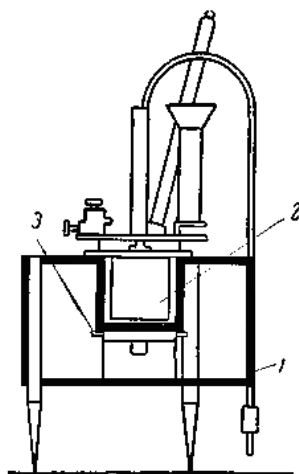


Рис. 14.2 – Прилад для визначення температури спалаху в закритому тиглі:

1 – повітряна лазня; 2 – тигель; 3 – електронагрівник

1. Тигель (рис. 14.3) висотою $(55,9 \pm 0,1)$ мм, внутрішнім діаметром 50,8 мм, виконаний з корозійностійкого металу, має показчик рівня заповнення на глибині 21,8 мм від верхнього краю тигля. Тигель має добре підігнану кришку з

мішалкою, що відкривається заслінкою і запалюється пальником. Він з досліджуваною рідиною розміщується у повітряній лазні для нагрівання.

2. Повітряна лазня для нагрівання тигля з досліджуваною рідиною.

3. Термометри типів ТН 1-1, ТН 1-2, ТН-6 за ГОСТ 400 з розподілом шкали не більш 1°C .

4. Секундомір з погрішністю не більш 1 с для контролю швидкості нагрівання рідини.

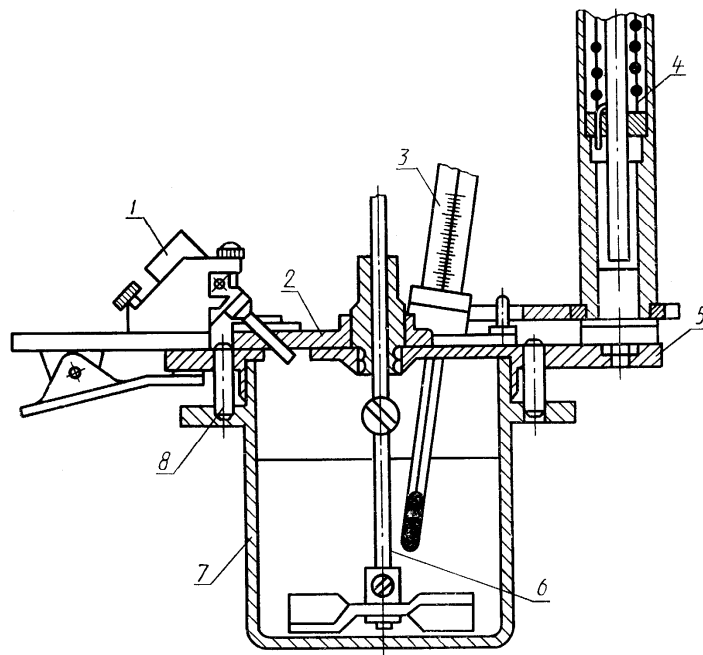


Рис.14.3

1 – запалюючий пальник; 2 – заслінка; 3 – термометр; 4 – пружинний механізм;
5 – кришка; 6 – мішалка; 7 – тигель; 8 – штифт-фіксатор кришки

2.2. Підготовка до випробувань

Установлюють відповідність досліджуваної рідини паспортним даним.

Зразок рідини, що має температуру спалаху нижче 50°C , охолоджують до температури, що не менше ніж на 17°C нижче передбачуваної температури спалаху. Зразки грузлих рідин перед випробуванням нагрівають до достатньої плинності.

Досліджувану рідину наливають у чистий сухий тигель до мітки, не допускаючи змочування стінок тигля вище зазначеної мітки.

Тигель закривають кришкою, встановлюють у нагрівальну лазню і включають електроплитку.

Примітка. Температуру рідинної лазні при визначенні температури спалаху лаків установлюють приблизно на 5 °С нижче передбачуваної температури спалаху.

2.3. Проведення випробувань

Включають пристрій, що перемішує, забезпечуючи частоту обертання від 1,5 до 2,0 с⁻¹. При випробуванні лаків обмежень на частоту обертання мішалки не вводять.

Включають обігрів приладу і нагрівають досліджувану рідину зі швидкістю 5-6 °С/хв. При випробуванні лаків швидкість нагрівання повинна складати не більш 1 °С за 3 хв. При використанні рідинної лазні нагрівання ведуть з такою швидкістю, щоб різниця між температурами рідини в лазні і досліджуваному зразку в закритому тиглі не перевищувала 2 °С.

Випробування на спалах починають проводити при досягненні температури зразка на 17 °С нижче передбачуваної температури спалаху і повторюють через кожний 1 °С підвищення температури для рідин з температурою спалаху до 104 °С и через кожні 2 °С – для рідин з температурою спалаху більш 104 °С.

Випробування на спалах для лаків починають проводити за 5 °С до передбачуваної температури спалаху і повторюють через кожні 0,5 °С підвищення температури.

У момент випробувань на спалах перемішування припиняють. Поворотом пружинного механізму відкривають заслінку на кришці й опускають полум'я пальника усередину тигля за час 0,5 с, залишають пальник у нижньому положенні 1 с і швидко повертають у вихідне положення. Стежать за полум'ям при відкритті і закриванні заслінки.

За температуру спалаху приймають показання термометра на момент появи першого полум'я над поверхнею рідини. Спалах пари досліджуваної рідини над поверхнею кришки тигля не враховують. Випробування на спалах (у випа-

дку його відсутності) припиняють при досягненні температури кипіння досліджуваної рідини.

Якщо полум'я пальника згасло на момент відкривання кришки, результат цього визначення не враховують.

Примітка. Для лаків, що містять летучі компоненти, загальний час випробувань не повинний перевищувати 1 год.

2.4. Оцінка результатів

За температуру спалаху досліджуваної рідини приймають середнє арифметичне значення температур спалаху, отриманих на 2-х зразках при випробуваннях лаків і на 3-х зразках при випробуваннях інших рідин, з виправленням на атмосферний тиск. Виправлення (Δt) на атмосферний тиск у $^{\circ}\text{C}$ обчислюють за формулою

$$\Delta t = 0,27(101,3 - p_a), \quad (14.2)$$

де p_a – атмосферний тиск, кПа.

Збіжність і відтворюваність методу не повинна перевищувати значень, зазначених у табл. 14.1.

Таблиця 14.1

Речовина	Температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$	Розбіжності, що допускаються	
		збіжність	відтворюваність
Хімічні органічні речовини і нафтопродукти	до 104	2,0	3,5
	понад 104	5,5	8,0
Лаки, фарби, емалі й аналогічні продукти	—	2,0	3,0

Умови і результати випробувань реєструють у протоколі, форма якого наведена в додатку 1.

2.5 Оформлення результатів виконаної лабораторної роботи

Результати виконання лабораторної роботи оформляються у вигляді звіту (заповнюється бланк за додатком 1).

ПРОТОКОЛ визначення температури спалаху рідин у закритому тиглі

Дата _____

Найменування, склад і фізико-хімічні властивості досліджуваної рідини _____

Умови в приміщенні:

температура, °C _____

атмосферний тиск, кПа _____

відносна вологість, % _____

Номер зразка для випробування	Швидкість нагрівання зразка, °C·хв. ⁻¹	Температура іспиту, °C	Результат випробування на спалах	Температура спалаху, °C	Особливості випробування

$$t_{\text{сп}} = t_{\text{сп. середн.}} + 0,27(101,3 - p_a) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Висновок _____

3. Контрольні питання

1. Що розуміють під пожежною небезпекою?
2. Як поділяють відповідно до стандарту речовини і матеріали при оцінці пожежної небезпеки?
3. Сформулюйте визначення пожежовибухонебезпеки речовин та матеріалів?
4. Що таке температура спалаху?
5. Що називають нижньою та верхньою температурною межею займання?
6. Як поділяють рідини за значенням температури спалаху?
7. Викладіть порядок проведення випробувань.
8. Як оцінюються результати випробувань?

4. Список літератури

1. СНиП 2.09.02–85* Производственные здания.
2. НАПБ Б.07.005-86. Определение категорий помещений зданий по взрыво-

пожарной и пожарной опасности (ОНТП 24-86).

3.ГОСТ 12.1.044-84. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

4.ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.

5.Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. //Под. ред. Баратова А.Н. и Корольченко А.Я. - М.: Химия, Т.1,2. 1990.

Лабораторна робота № 15

Визначення ефективності сухої штукатурки як засобу вогнезахисту горючих конструкцій

Мета роботи: вивчити ефективність сухої гіпсової штукатурки як засобу вогнезахисту деревини.

1. Загальні відомості

Будівлі складаються з будівельних конструкцій, основними з яких є стіни (несівні та сходових кліток), колони, сходові площадки, косоури, сходи та балки сходових кліток, перекриття, балки, ферми, арки тощо.

Умови розвитку пожежі в будівлях та спорудах у багатьох випадках визначаються межею вогнестійкості основних будівельних елементів [1].

Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвилинах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несівної спроможності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати теплоізолюючої спроможності (I).

Значення межі вогнестійкості будівельних конструкцій визначають шляхом випробувань за ДСТУ Б В.1.1-4, за стандартами на методи випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій конкретних видів або за розрахунковими методами відповідно до стандартів і методик, затверджених або узгоджених з централь-

ним органом державного пожежного нагляду. Загальні вимоги до розрахункових методів наведено у додатку В [2].

Показником здатності будівельної конструкції поширювати вогонь є межа поширення вогню (М).

За межею поширення вогню будівельні конструкції підрозділяють на три групи:

М0 (межа поширення вогню дорівнює 0 см);

М1 ($M < 25$ см - для горизонтальних конструкцій; $M < 40$ см - для вертикальних конструкцій);

М2 ($M > 25$ см - для горизонтальних конструкцій; $M > 40$ см - для вертикальних конструкцій).

Значення межі поширення вогню будівельними конструкціями визначають за методом, наведеним у додатку Г [2].

Вогнестійкість будівлі (здатність будівлі у цілому чинити опір руйнуванню в умовах пожежі) характеризується ступенем вогнестійкості.

За вогнестійкістю усі будівлі та споруди поділяють на ступені вогнестійкості I, II, III, IIIa, IIIб, IV, IVa, V (див. табл.15.1).

Кожному ступеню вогнестійкості відповідає набір конструкцій з відповідними числовими значеннями меж вогнестійкості та меж поширення вогню по них.

Ступінь вогнестійкості будинку визначається межами вогнестійкості його будівельних конструкцій та межами поширення вогню цими конструкціями відповідно до табл. 15.2.

До будівель I ступеню вогнестійкості пред'являють найбільш жорсткі вимоги за межами вогнестійкості та межами розповсюдження вогню конструкціями, до будівель V ступеню вогнестійкості – мінімальні.

**КОНСТРУКТИВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДИНКІВ
ЗАЛЕЖНО ВІД ЇХ СТУПЕНЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ [2]**

Ступінь вогнестійкості	Конструктивні характеристики
I	Будинки з несівними та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.
II	Будинки з несівними та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. У покриттях дозволяється застосовувати незахищені металеві конструкції.
III	Будинки з несівним та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, які захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не пред'являються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.
IIIa	Будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огорожувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1, Г2.
IIIб	Будинки переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з деревини, яка зазнала вогнезахисну обробку. Огорожувальні конструкції виконують із застосуванням деревини або матеріалів на її основі. Деревина та інші матеріали групи горючості Г3, Г4 огорожувальних конструкцій мають бути піддані вогнезахисній обробці або захищені від дії вогню та високих температур.
IV	Будинки з несівними та огорожувальними конструкціями з деревини або інших горючих матеріалів, захищених від дії вогню та високих температур штукатуркою або іншими листовими, плитними матеріалами. До елементів покриттів не пред'являються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.
IVa	Будинки переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огорожувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих матеріалів з утеплювачем груп горючості Г3, Г4.
V	Будинки, до несівних і огорожувальних конструкцій яких не пред'являються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню.

Потрібний ступінь вогнестійкості споруд визначається залежно від наступних показників [3]:

- їхньої конструкції;
- призначення;

- поверховості;
- площі;
- категорій пожежної та вибухової небезпеки [4];
- технології;
- наявності автоматичних засобів пожежогасіння.

Таблиця 15.2

Ступінь вогне- стійко- сті будин- ків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колони	сходові площадки, косоури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере- криття міжпове- рхові (у т. ч. горищ- ні та над підвала- ми)	елементи сумі- щених покриттів	
	несівні та сходових кліток	само- несівні	зовнішні ненесівні	внутрі- шні ненесівні (пере- городки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	REI 150 M0	REI 75 M0	E 30 M0	EI 30 M0	R 150 M0	R 60 M0	REI 60 M0	RE 30 M0	R 30 M0
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E15, M0 E30, M1	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	
IIIa	REI 60 M0	REI 30 M0	E15 M1	EI 15 M1	R 15 M0	R 60 M0	REI 15 M0	RE 15 M1	R 15 M0
IIIб	REI 60 M1	REI 30 M1	E15, M0 E30, M1	EI 15 M1	R 60 M1	R 45 M0	REI 45 M1	RE 15, M0 RE 30, M1	R 45 M1
IV	REI 30 M1	REI 15 M1	E15 M1	EI 15 M1	R 30 M1	R 15 M1	REI 15 M1	Не нормуються	
IVa	REI 30 M1	REI 15 M1	E15	EI 15 M1	R 15 M0	R 15 M0	REI 15 M0	RE 15	R 15 M0
V	Не нормуються								
Примітка	Межі вогнестійкості самонесівних стін, які враховуються при розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають як для несівних стін.								

Існує кілька способів підвищення опору займистості деревини й меж її вогнестійкості. Одним з конструктивних заходів щодо локалізації пожеж у дерев'яних конструкціях є їхнє оштукатурювання (мокра штукатурка, суха гіпсова штукатурка) й облицювання дерева цеглою в 1/4 й 1/2 цегли; облицювання азбоцементної фанерою; обшивання покрівельною сталлю по азбесту або повсті й ін.

1. Експериментальна частина

1.1 Опис установки

Установка (рис. 15.1) складається з електричної муфельної печі (з реостатом), термопар, перемикача й мілівольтметра, градуйованого під хромель-алюмель.

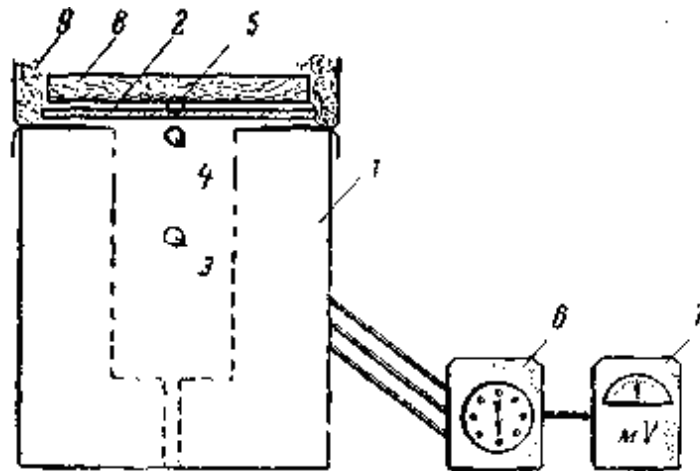


Рис. 15.1 – Схема установки для визначення ефективності сухої штукатурки
1 – муфельна піч; 2 – гіпсова штукатурка; 3 – термопара в центрі печі; 4 – термопара на поверхні штукатурки, що обігривається; 5 – термопара на зовнішній поверхні дерева;
6 – перемикач; 7 – мілівольтметр; 8 – дерев'яний щит; 9 – ізоляція

2. Порядок виконання роботи

До геометричного центра дерев'яного щита розміром 34×26 см кріплять термопару 5. Потім закладають лист гіпсової штукатурки такого ж розміру й пришивають по кутах цвяхами до дерева. На поверхні штукатурки кріплять термопару 4. Для вимірювання температури в печі служить термопара 3. Кінці термопар 3, 5 й 4 підключають до перемикача.

Перемикач дозволяє послідовно підключати до мілівольтметра ту або іншу термопару. Температуру в печі приймають рівною 700 °С, що відповідає середній температурі пожежі для житлових і суспільних будинків у перші 30 хв. з моменту початку інтенсивного горіння.

При досягненні температури в печі 700 °С випробуваний зразок у горизонтальному положенні (штукатуркою вниз) накладають на відкриту сторону печі й зазор між піччю й зразком ізолюють азбестом.

Горизонтальне положення зразка при прогріві прийняте для того, щоб рух теплового потоку був спрямований знизу вгору, чим досягається рівномірний прогрів зразка по всій площині.

Температуру в печі на поверхні штукатурки, що підігрівають, й на поверхні дерева замірюють щохвилини, відраховуючи від початку обігріву зразка.

При випробуваннях за критерій, що характеризує ефективність сухої гіпсової штукатурки, приймають час, після закінчення якого на поверхні деревини, що захищена штукатуркою, температура досягне 280 °С, тобто температури самозапалювання деревини. Випробування при температурі, що дорівнює 280 °С на поверхні деревини, вважають закінченими.

Після закінчення випробувань складається звіт за формою, що додається.

Звіт з роботи

1. Короткий опис лабораторної установки:
 - а) схема установки з показом місць розташування термопар на зразку;
 - б) короткий опис установки.
2. Характеристика випробуваного зразка:
 - а) матеріал зразка;
 - б) розмір гіпсової плитки;
 - в) початкова температура зразка (дорівнює кімнатній температурі).
3. Показники, що знімають, (температура в печі 700 °С постійна).

№ тер-	Час, хв.																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2																				
3																				

4. За результатами випробувань будують графік зміни температури на поверхні дерев'яної плити залежно від часу $T=f(t)$.

5. Висновки.

3. Контрольні питання

1. Які будівельні конструкції визначають ступень вогнестійкості будівель?
2. Наведіть визначення ступеню вогнестійкості будівель?
3. Від чого залежить ступінь вогнестійкості будівель і споруд?
4. Чим відрізняються ступені вогнестійкості будівель?
5. Наведіть визначення межі вогнестійкості будівельних конструкцій?
6. За якими ознаками визначається межа вогнестійкості ?
7. Яким чином визначається ступень вогнестійкості будівель і споруд?
8. Як поділяють будівельні конструкції за межею поширення вогню?
9. Наведіть граничні стани конструкцій при визначенні меж вогнестійкості?
10. Назвіть шляхи підвищення межі вогнестійкості дерев'яних конструкцій?
11. Які висновки можна зробити з графіка?

4. Список літератури

1. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
2. ДБН В.1.1-7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
3. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания.
4. НАПБ Б.07.005-86. Определение категорий помещений зданий по взрывопожарной и пожарной опасности (ОНТП 24-86).

Навчальне видання
Лабораторний практикум
для студентів 4-5 курсів денної форми навчання спеціалізації 6.092100,
7.092101 “Охорона праці в будівництві”

За редакцією професора Б.М. Коржика

Автори: Володимир Іванович Шевченко,
Світлана Володимирівна Нестеренко,
Сергій Львович Дмитрієв,
Борис Михайлович Коржик

Редактор: О.С. Кравцова

Комп’ютерний набір і верстка: С.Л. Дмитрієв, С.В. Нестеренко

План 2008, поз. 32 Н

Підп. до друку 17.04.2008	Формат 60 x 84 1/16	Папір офісний.
Друк на різнографі	Умовн-друк.арк.6,4	Обл.-вид. арк..6,9
Замовл. №	Тираж 300 прим.	

61002, ХНАМГ, м.Харків, вул. Революції,12
Сектор оперативної поліграфії ІОЦ ХНАМГ,
61002, м.Харків, вул. Революції,12